

# Признаки импактного метаморфизма в породах Ладожской импактно-вулканической структуры

Юрковец Валерий Павлович, специалист геофизик, The Academy of DNA Genealogy, Newton, USA

valery.yurkovets@gmail.com

**В статье описывается геологическое строение котловины Ладожского озера в рамках импактно-вулканической модели. Приведены классические доказательства импактного происхождения глубоководной части Ладоги - конусы сотрясения и диаплектовые изменения в кварце, обнаруженные в породах Ладожского прогиба. Впервые в шлифах описаны шоковые микроструктуры, содержащие муассанит, являющийся надёжным маркером импактного события. Выполнены структурно-тектонические, стратиграфические и петрологические сопоставления импактно-вулканической модели с материалами предшествующих исследований. Показаны экологические последствия импактного события и последующего извержения, отмеченные археологами как «ядерная зима» палеолита. Отмечается, что с датой этой катастрофы совпадает образование предковых гаплогрупп основных генеалогических линий современной Европы - P (NOP) и IJK. Предполагается, что это событие сыграло решающую роль в исчезновении неандертальца.**

**This paper describes the geological structure of the basin of Lake Ladoga in the framework of impact-volcanic model. Shatter cones and diaplectic changes in quartz that are classic evidence of impact events found in the rocks of the Ladoga basin. Shock microstructures in thin sections were first described. Microstructures contain moissanite, which is a reliable indicator of the impact event. Structural-tectonic, stratigraphic and petrological comparisons of impact-volcanic model to materials of previous studies have been performed. Environmental consequences of impact event and subsequent eruption marked by archaeologists as Paleolithic "nuclear winter" are shown. It is noted that the date of the disaster coincides with the formation of ancestral haplogroups of basic genealogical lines of modern Europe - P (NOP) and IJK. It is assumed that this event played a decisive role in the disappearance of Neanderthal.**

**Ключевые слова:** Ладожская импактно-вулканическая структура, Ладога, коптогенный комплекс, диаплектовые изменения, шоковые микроструктуры, муассанит.

## ВВЕДЕНИЕ

Находки в Приладожье высокобарического минерала муассанита подтверждают разрабатываемую Климатическим филиалом Академии ДНК-генеалогии гипотезу об импактном происхождении Ладожского озера. Петрографические исследования образцов из коренных отложений Ладожской впадины, показали, что муассанит, являющийся надёжным маркером импактного события, присутствует в нескольких точках отбора проб, разделённых значительным расстоянием – от г. Приозерска на севере Ладоги до выходов кембрийских песчаников, распространённых на её южном побережье. В статье также отмечен ДНК-генеалогический аспект данного события,

которое сыграло решающую роль в начальной истории миграций основных европейских гаплогрупп современного человечества.

## ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЛАДОЖСКОЙ ИВС

Структурно-тектонические построения, выполненные в рамках «традиционного» взгляда на геологию Ладоги, петрологические модели генезиса толщ, слагающих глубоководную часть Ладожской котловины, их вещественный состав, стратиграфия и строение вулcano-плутонического комплекса, в целом, не противоречат предлагаемой импактно-вулканической модели, а во многих случаях прямо подтверждают её очевидными аномалиями в геологическом строении.

Так, отложения среднего рифея, согласно общепринятым представлениям, слагают толщу, расположенную исключительно внутри глубоководной части Ладоги либо в её прибрежной зоне. То же самое можно сказать и о нижневендской толще, имеющей локальное развитие только в западной части Ладоги. Столь же аномальна граница распространения редкинского горизонта верхнего венда в западном Приладожье, каковой является береговая линия озера (приложение 1).

Контроль границ распространения пород трёх древнейших подразделений геохронологической шкалы **современным геоморфологическим** таксоном является парадоксом, объяснения которому в рамках «традиционного» взгляда мы не находим. Если импактная модель верна, то более вероятно, что «средний рифей» и «нижний и верхний венд» Ладоги являются частью современного коптогенного комплекса, представленного аллогенной брекчией, образованной преимущественно из пород, слагающих основание осадочного чехла Русской плиты.

В общем случае, в состав коптогенного комплекса в разных соотношениях входят породы мишени и породы, образованные из импактного расплава. В зависимости от его количества перемещённые породы коптогенного комплекса подразделяются на аллогенную брекчию и зювиты. Последние внешне и микроскопически бывают неотличимы от вулканических туфов, которые, по данным геологической съёмки, присутствуют в разрезе отложений глубоководной части Ладоги - Ладожском прогибе и Пашском грабене (Государственная геологическая карта, 2000). Также на Ладоге встречаются породы, полностью образованные, как показано ниже, из импактного расплава. Их внутренний пояс слагает т.н. «межпластовую дифференцированную интрузию» (Валаамский силл), которая, согласно легенде к Государственной геологической карте, представлена феррогабро, габбро-долеритами и монцонитоидами (валаамитами). *«Основные породы интрузии рассечены сетью жил гранофир-аплитов. ... Монцонитоиды образуют непрерывный ряд от монцогаббро и монцодиоритов до кварцевых монцонитов, залегают в верхней части силла и постепенно переходят в гранофировые конгадиабазы и далее в габбро-долериты. ... Вместе с вулканическими породами салминской и приладожской свит эти породы представляют собой единую вулcano-плутоническую ассоциацию»* (Государственная геологическая карта, 2000, стр.102-103).

С тем, что эти породы образуют единую ассоциацию, следует согласиться, однако в рамках импактной модели она представляет собой более сложную, учитывая характер взаимоотношений между составляющими её комплексами, **импактно-плутоническую** ассоциацию. В которой породы Валаамского силла являются раскристаллизованными тагамитами (коптогенными трахидолеритами), осложнёнными и частично метаморфизованными купольными экструзиями сиенитов. Последние, вместе с эруптивным материалом - пеплами трахитового состава (Юрковец, 2012), составляют вулcano-плутонический комплекс Ладожского вулкана. Менее раскристаллизованные тагамиты (коптогенные трахибазальты) слагают внешнее кольцевое поднятие Ладожской ИВС и «вулканическую» (зювиты) часть салминской и приладожской свит

в пределах глубоководной части озера. В этих породах наблюдается пониженное, по отношению к породам Ладожского силла, содержание  $K_2O$ . Химический состав пород Ладожского силла, представленных габродолеритами, в которых повсеместно распространён жильный лейкогранит (Свириденко и Светов, 2008), соответствует валовому химическому составу пород мишени. В которых, соответственно, преобладают метабазиты и встречаются метаморфические и магматические породы кислого состава (сланцевые кварциты, граниты). Источником повышенного содержания  $K_2O$  в породах Ладожского силла является щелочная магма ладожского вулкана (Юрковец, 2012).

Среднерифейские отложения Ладожского прогиба и Пашского грабена, согласно Объяснительной записке к Государственной геологической карте, делятся на три свиты – приозёрскую, салминскую и пашскую. Последняя выделяется только в Пашском грабене.

*«Приозёрская свита распространена повсеместно, залегает на архейско-протерозойском фундаменте с резким угловым несогласием и представлена разнозернистыми красноцветными аркозовыми песчаниками с прослоями коричневых аргиллитов, гравелитов и конгломератов. ... Мощность свиты в Пашском грабене более 450 м, на восточном побережье Ладоги в районе с. Салми – 60 м, а на западном побережье Ладоги – от 60 до 354 м. (Государственная геологическая карта, 2000, стр.30). Очевидно, это – аллогенная брекчия, представленная обломками осадочных отложений нижнего горизонта плитного чехла. В кварце этих песчаников обнаружены диаплектовые изменения, зоны плавления, наличие включений индикатора импактного события - высокобарического минерала муассанита (рис. 13-19, 27-34).*

*«Залегающая на приозерской салминская свита представлена потоками диабазовых, андезибазальтовых и базальтовых порфиритов, туфами и песчаниками. Песчаники по вещественному составу и структуре сходны с приозёрскими. На восточном берегу Ладоги верхняя часть разреза свиты представлена песчаниками и чёрными аргиллитами с тонкими прослоями карбонатов. Мощность салминской свиты в Пашском грабене 70 м, в районе с. Салми до 460 м; на западном побережье Ладоги салминская свита отсутствует» (Государственная геологическая карта, 2000, стр. 30). Эти слои перекрывают нижний горизонт аллогенной брекчии. Представлены они, судя по описанию, тагамитами (коптогенными диабазовыми, андезибазальтовыми и базальтовыми порфиритами), коптогенными «туфами» – зювитами, и всё теми же обломками осадочных пород плитного чехла. Нельзя только согласиться с отсутствием салминской свиты (вернее, её коптогенного аналога) на западном побережье. Скорее всего, эти слои пока не обнаружены из-за недостаточной изученности Ладожской впадины. По крайней мере, в волноприбойной зоне мыса Владимировский, расположенном на западном побережье, в породах, поднятых при углублении фарватера, образец слабо раскристаллизованного тагамита с включениями импактно переработанного материала пород мишени был найден (рис. 6-7, 12).*

*«Пашская свита выделяется только в Пашском грабене, где залегает на салминской свите и представлена грубозернистыми полевошпатово-кварцевыми песчаниками и гравелитами буроватого и розового цвета, содержащими обломки кварцитов. Присутствие туфогенного материала в нижней части пашской свиты позволяет предполагать, что она входит в состав единой среднерифейской вулканогенно-осадочной серии вместе с салминской свитой» (Государственная геологическая карта, 2000, стр.30). Если содержание туфогенного материала в породе превышает 10 - 15% (в тексте не указано), то его присутствие в пашской свите объединяет её нижние слои с салминскими зювитами. Остальное следует отнести к аллогенной брекчии, образованной из пород редкинского горизонта,*

представленного «терригенными породами от аргиллитов до конгломератов, количество и соотношение которых в различных частях территории непостоянно» (Государственная геологическая карта, 2000, стр.33).

Кроме того, в пределах Ладожской ИВС по этим же данным выделяются верхнерифейские отложения, распространённые на Карельском перешейке (приладожская свита, которая раньше рассматривалась в качестве верхней подсвиты приозёрской свиты).

*«Приладожская свита, распространённая только на Карельском перешейке, ранее рассматривалась в качестве верхней подсвиты приозёрской свиты; позднее она была обособлена в самостоятельное подразделение и отнесена к верхнему рифею. С наибольшей полнотой свита изучена в районе с. Яблоновка. Здесь она представлена разнозернистыми и мелкозернистыми песками и слабосцементированными сероцветными песчаниками, тёмно-серыми до чёрных аргиллитами и доломитами. На разных уровнях в разрезе свиты наблюдаются прослой редкогалечных конгломератов мощностью до 1 м и более. Микроскопическое изучение приладожских песчаников показывает, что они местами преобразованы в туффизиты, которые представляют собой агрегат, состоящий из резорбированных и оплавленных зёрен кварца, полевого шпата и новообразованных слюд, сцементированных хлорит-серицитовой массой или карбонатом»* (Государственная геологическая карта, 2000, стр.31). Вероятный генезис этой толщи, судя по описанию и положению в разрезе – коптокластитовый. Т.е. породы приладожской свиты представляют собой верхнюю - наиболее тонкую и отсортированную часть взрывной брекчии, которая оседает из облака импактного взрыва в самом конце и располагается поверх более грубообломочных фракций. Об этом же говорит и её южное (относительно кратера) пространственное расположение – вдоль шлейфа выброшенного в атмосферу пепла последующего извержения, показывающее направление сноса тонких фракций движением воздушных масс (Юрковец, 2012).

Что касается туффизитов, то их надёжная диагностика в осадочных комплексах пока не разработана «в связи с конвергентным сходством их с породами различного генезиса» (Казак и др., 2008). С туффизитами путали тиллиты, тектонические брекчии, образования карстовых воронок и - в том числе - коптогенные брекчии. Резорбированные и оплавленные зёрна кварца и полевого шпата в нашем случае, вероятно, являются следствием воздействия высоких температур, связанного с импактным событием.

В пределах Ладожской ИВС по данным геологической съёмки выделяются отложения нижнего венда, также имеющие локальное распространение в западном Приладожье. Нижневендские отложения, согласно легенде к Государственной геологической карте, замыкают стратиграфическую колонку Ладожского прогиба.

*«Нижневендские отложения известны в Западном Приладожье и завершают стратиграфическую колонку Ладожского прогиба. Опорный разрез нижнего венда вскрыт скважинами в районе с. Яблоновка. Здесь на приладожской свите под четвертичными отложениями на глубине от 70 до 145 м вскрыты разнозернистые плохо отсортированные красноцветные и сероцветные песчаники яблоновской свиты, содержащие редкие гальки пород фундамента, кварцитов и песчаников типа приозёрских, а также доломитов, характерных для приладожской свиты. Е.П.Брунс описала эти песчаники как тиллитоподобные. В более поздних работах они рассматриваются как тиллиты и на этом основании отнесены к лапландскому горизонту нижнего венда, для которых характерны ледниковые отложения»* (стр.32). И далее: *«Следует отметить, что редкогалечные конгломераты яблоновской свиты полностью идентичны редкогалечным конгломератам подстилающей приладожской свиты. Верхняя часть разреза свиты (около 10 м)*

представлена гравийными песчаниками (туффитами?), состоящими из зёрен и обломков изменённых изверженных пород основного и ультраосновного состава, сцементированных ожелезнённым хлорит-серицитовым веществом. Среди акцессорных минералов в этих песчаниках М.Т.Орловой установлены пироп, хромшпинеллид, диопсид» (стр.32). Очевидно, всю эту толщу следует отнести к дресвяно-щебенчатой аллогенной брекчии, включая предполагаемые туффиты. Коптогенные «тиллиты» (также, как и «туффизиты» приладожской свиты) по гранулометрическому составу могут быть отнесены к коптокластитам, но на Карте Ладожской астроблемы (рис.1) нижневендские отложения (отдельный блок импактитов в западной части) в целом отнесены к аллогенной (грубообломочной) брекчии. В общем случае аллогенные брекчии подстилают более высокотемпературные зювиты и тагамиты, но могут и переслаиваются с ними, образуя линзы и не выдержанные по простиранию прослойки и перекрывать их, образуя покров (Бадюков, 2005). Очевидно, подобное переслаивание наблюдается в толще, отнесённой к нижневендским отложениям.

В 2002 году вышел атлас «Ладожское озеро», где есть Тектоническая схема района Ладожского озера и Геологическая карта, содержащие основные детали строения котловины Ладоги. Схема и карта составлены А.В.Амантовым (Институт озероведения РАН, 2002). В целом, стратиграфия и тектоника Атласа и Государственной геологической карты не противоречат друг другу. Некоторые отличия есть в классификации «магматических» (**импактно-плутонических**) образований. Меньший силл (без названия) Государственной геологической карты на карте Амантова отнесён к базальтовому (трахибазальтовому на Государственной геологической карте) комплексу, что в рамках импактной модели выглядит более предпочтительно. Породы внешнего кольцевого поднятия, располагающиеся на периферии, на некотором удалении от центра и субвулканических образований в теле Ладожского силла, застывали быстрее и поэтому не могли сформировать аналога пород плутонического комплекса.

В Геологической карте атласа нашли также своё отражение важнейшие особенности геологического строения Ладоги, характерные именно для импактных структур. В первую очередь это относится к стратиграфическому парадоксу, закартированному вдоль юго-восточного полукольца глубоководной части Ладоги. На Геологической карте атласа можно видеть, что породы редкинского горизонта (верхний венд) подстилают более древние (согласно общепринятой стратиграфии района) отложения среднего и верхнего рифея. Этот парадокс в тексте к карте остался без объяснения. В рамках ударной модели он объясняется образованием в результате импактного события цокольного вала, сложенного задранными взрывом пластами горных пород мишени и перекрытого сверху насыпным материалом выбросов из кратера. На Геологической карте Ладожской ИВС (рис. 1) его граница обозначена условным обозначением 12 а.

На основе Геологической карты и Тектонической схемы района Ладожского озера А.В.Амантова также проведены границы коптогенных образований и отображены главные структурные элементы кратера: границы вала, внешнее и внутреннее кольцевые поднятия, строение и максимальные глубины истинного кратера. В пределах мелководной части Ладоги (кальдера оседания Ладожской ИВС) использованы границы кембрийской системы, редкинского и котлинского горизонтов верхнего венда, нерасчленённого на Государственной геологической карте 2002 года.

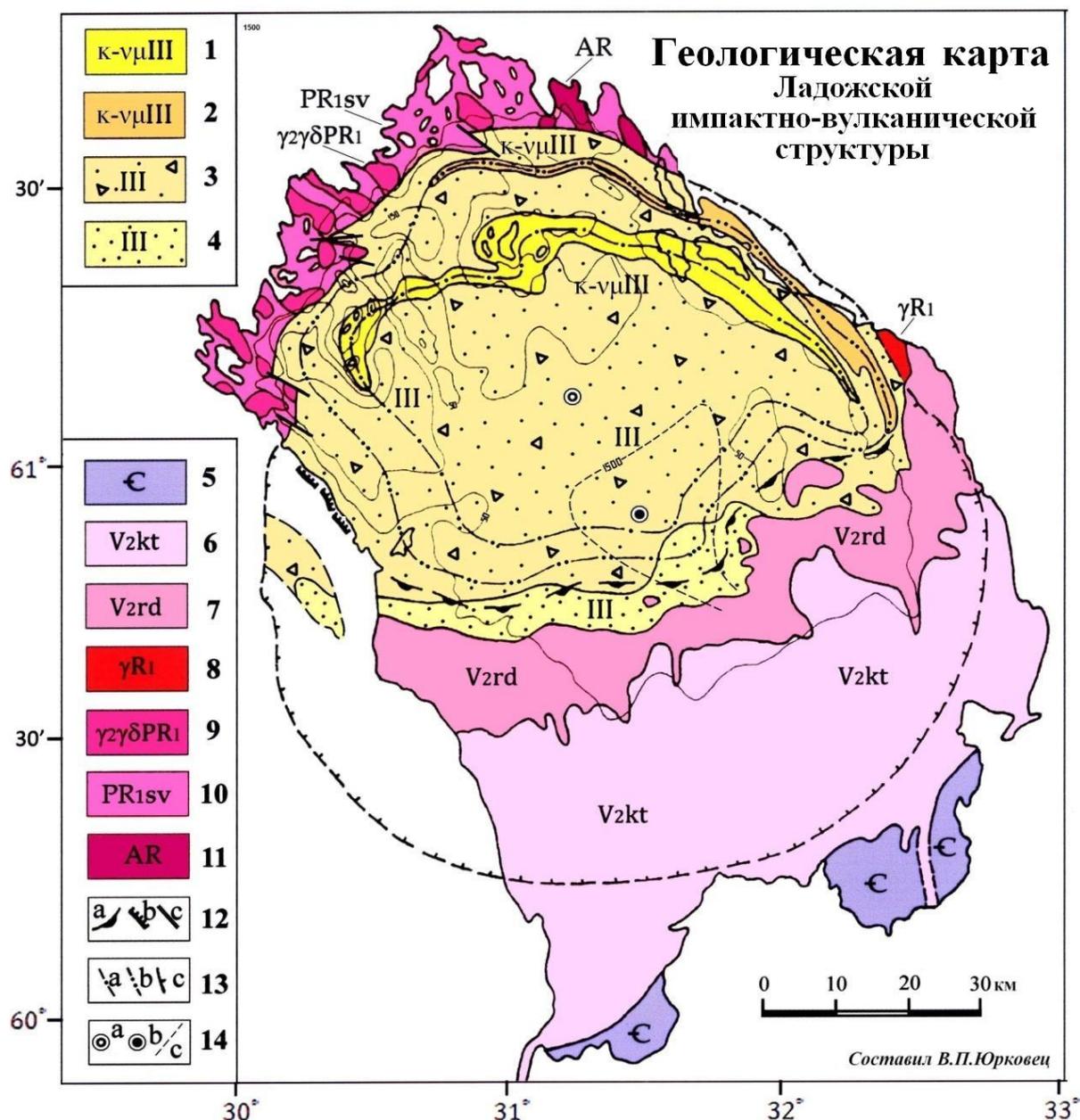


Рис. 1. Геологическая карта Ладожской импактно-вулканической структуры

1 ÷ 4 – коптогенный комплекс верхнего плейстоцена: 1 – тагамиты раскристаллизованные (коптогенные трахидолериты), осложнённые и частично метаморфизованные купольными экструзиями сиенитов; 2 – тагамиты слабо раскристаллизованные (коптогенные трахибазальты); 3 – аллогенная брекчия; 4 – коптокластиты (?); 5 – верхний отдел кембрийской системы нерасчленённый: песчаники и алевролиты с прослоями глины; 6 – котлинский горизонт валдайской серии верхнего венда, котлинская (василеостровская) свита и гдовские слои: глины аргиллитоподобные, песчаники, алевролиты, миктиты; 7 – редкинский горизонт валдайской серии верхнего венда: песчаники, алевролиты, пестроцветные аргиллиты, конгломераты, гравелиты; 8 – нижний рифей: граниты рапакиви, монзониты, анортозиты; 9 – нижний протерозой: граниты, гранодиориты, диориты; 10 – свекокарельский комплекс нижнего протерозоя: метабазиты, амфиболиты, слюдяные сланцы и гнейсы; 11 – архей: гнейсограниты, биотитовые и роговообманковые мигматизированные гнейсы; 12 – внешние элементы кратера: а – граница цокольного вала на дне Ладоги, б – граница цокольного вала на поверхности, с – радиальные разрывные нарушения; 13 – кольцевые структуры: а – ось внутреннего кольцевого поднятия, б – ось внешнего кольцевого поднятия, с – граница кальдеры оседания; 14 – элементы структур: а – центр импактного кратера, б – центр кальдеры оседания, с – изогипса 1500 м кристаллического фундамента.

**Примечание.** Карта составлена на основе Тектонической схемы м-ба 1:1000000 и Геологической карты м-ба 1:1250000 А.В.Амантова с использованием Государственной Геологической карты Российской Федерации м-ба 1:1000000 лист Р-(35) – 37- Петрозаводск (Карта дочетвертичных образований).

Большой фактический материал по петрологии и геологическом строении Ладожского силла, а также тектоники Приладожья, собран в монографии Л.П.Свириденко и А.П.Светова «Валаамский силл габбро-долеритов и геодинамика котловины Ладожского озера» (Свириденко и Светов, 2008). Материалы петрологических исследований, выполненными авторами этой работы позволили обосновать **импактно-плутоническую** модель петрогенезиса пород Валаамского силла, суть которой заключается в смешении в купольных структурах силла ударного расплава пород мишени с щелочной магмой, поступавшей из очага извержения, спровоцированного падением массивного космического тела (Юрковец, 2012). Такая модель объясняет практически все наблюдаемые аномалии в строении и вещественном составе пород этого уникального геологического образования. В том числе и повышенные содержания  $K_2O$  в породах Валаамского силла по сравнению с «комагматичными им базальтовыми лавами Салминского комплекса» (Свириденко и Светов, 2008, стр. 108).

Импактно-плутоническая модель петрогенезиса пород Валаамского силла в основных своих чертах не противоречит разработанной авторами монографии модели бимодального магматизма Валаамского силла и различается с ней только во взглядах на источник магмы габбро-долеритового состава. В рамках импактной модели таким источником является ударный расплав пород мишени (Юрковец, 2012). Нет противоречий и во взглядах на внешний характер источника  $K_2O$ : «Большой фактический материал о неравномерной метасоматической монзонитизации габбро-долеритов свидетельствует о частично вторичной природе  $SiO_2$  и  $K_2O$  в их составе» (Свириденко и Светов, 2008, стр. 108).

На рис. 1 представлена Геологическая карта Ладожской импактно-вулканической структуры. Основой для неё послужили перечисленные выше материалы: атлас «Ладожское озеро», Государственная геологическая карта м-ба 1:1000000, а также результаты собственных поисковых маршрутов, в ходе которых были найдены различные по составу породы, несущие признаки импактного метаморфизма, и которым посвящена третья часть данной работы.

В 2011 году, в ходе маршрута вдоль западного побережья Ладоги был закартирован значительный фрагмент цокольного вала Ладожской ИВС, протянувшийся от села Черёмухино до Приозерска (Юрковец, 2011). На Геологической карте Ладожской ИВС он обозначен условным обозначением 12b. О южной части цокольного вала («стратиграфическом парадоксе») сказано выше. Что касается северной его границы, то она практически соответствует границе между импактными образованиями и кристаллическими породами Балтийского щита. Морфологически цокольный вал в этой части выражен в виде серии уступов, последовательно воздымающихся к северу. Как отмечают Свириденко и Светов, для «... Северного Приладожья характерна ярко выраженная воздымающаяся к северу ступенчатость рельефа с четкими уступами южной экспозиции» (Свириденко, Светов, 2008). Именно так и формируется цокольный вал в конце импактного события – стадии модификации переходной кратерной полости, когда взброшенные взрывом пласты соскальзывают вниз, образуя т.н. «зону террас» - уступов, ступенчато понижающихся по направлению к центру импактной структуры (Бадюков, 2005). Всего в северном Приладожье Свириденко и Светов выделяют 4 таких концентрических уступа (Свириденко, Светов, 2008, стр.8), три из которых, расположенные на суше, образуют зону террас, характерную именно для импактного события.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Образцы пород, в которых к настоящему времени обнаружены импактные изменения, были найдены в трёх точках западного побережья Ладоги и одной точке к югу от Ладоги, все - в местах искусственных врезов в рельеф.

Наиболее многочисленными оказались находки **в карьере д. Кирсино**, где разрабатываются рыхлые отложения камов для нужд строительства. В центральной части карьера уже срыты десятки метров толщи ледниковых отложений, слагавших когда-то возвышенные участки рельефа. Здесь были обнаружены несколько образцов слабоокатанной гальки кембрийских песчаников (ломаносовская свита) с металлического вида включениями, несущими признаки ударного происхождения – расходящимися от включений радиальными трещинами, прикипевшей дресвой, остатками светлой корки с металлическим блеском с внешней стороны. Некоторые включения морфологически (следами плавления и регмаглиптоподобной структурой поверхности) напоминают микрометеориты (рис. 2).



Рис. 2. Галька с включением, б – вид сверху.

Здесь же были найдены и довольно крупные (до 10 и более см) фрагменты таких включений, но уже в «чистом» виде, без вмещающей их породы, либо с частично разрушенной вмещавшей их галькой. Некоторые из них имеют весьма причудливые формы (рис. 3).



Рис. 3. Включение с остатками гальки.

Вещественный состав включений аналогичен составу вмещающего песчаника, на 80% состоящего из кварца. Однако зёрна кварца в них претерпели ряд изменений, имеющих ударную природу - ударное расщепление, диаплектовые изменения, кинк-бэнды (приложение 3, рис. 20–23). Практически во всех включениях встречается муассанит (рис. 27, 29, 31-32, 34). Кварц во включениях сцементирован железистым цементом, соответствующим, по данным микрозондового анализа, мелантериту, в некоторых включениях – пиритом (приложение 3, 4). Гранулометрический состав зёрен – от тонко-мелкозернистого (рис. 2) до крупнозернистого (рис. 4). Многочисленные включения метеоритного вещества были принесены в Кирсино ледником с южного побережья Ладоги вместе с галькой кембрийских песчаников и

погребены в ледниковых отложениях камов. Мелантеритовый цемент включений мог сформироваться в зоне окисления в условиях вечной мерзлоты из метеоритного железа.



Рис. 4. Включение в крупнозернистом песчанике.

Находки в карьере Кирсино к образованию Ладоги не имеют прямого отношения, поскольку связаны с кембрийской толщей, развитой вне пределов кратера взрыва. Но они показывают, что падение основного тела сопровождалось облаком из мелких метеоритов, «ливень» из которого накрыл территорию, значительно превышающую площадь главного импактного события.

**Вторая точка** - мыс Владимировский, искусственный врез в донные отложения в районе причала (углубление фарватера). В поднятом материале были найдены четыре обломка пород мишени, несущие признаки ударного воздействия. Два из них представлены сланцами с характерными формами конусов сотрясения – наличием плоской вершины (апекса) и расходящегося от неё «хвоста». Один из них представлен на рис. 5. На фото видно, что «хвост» расширяется вдоль плоскостей сланцеватости и сужается поперёк них (рис. 5 a,b).

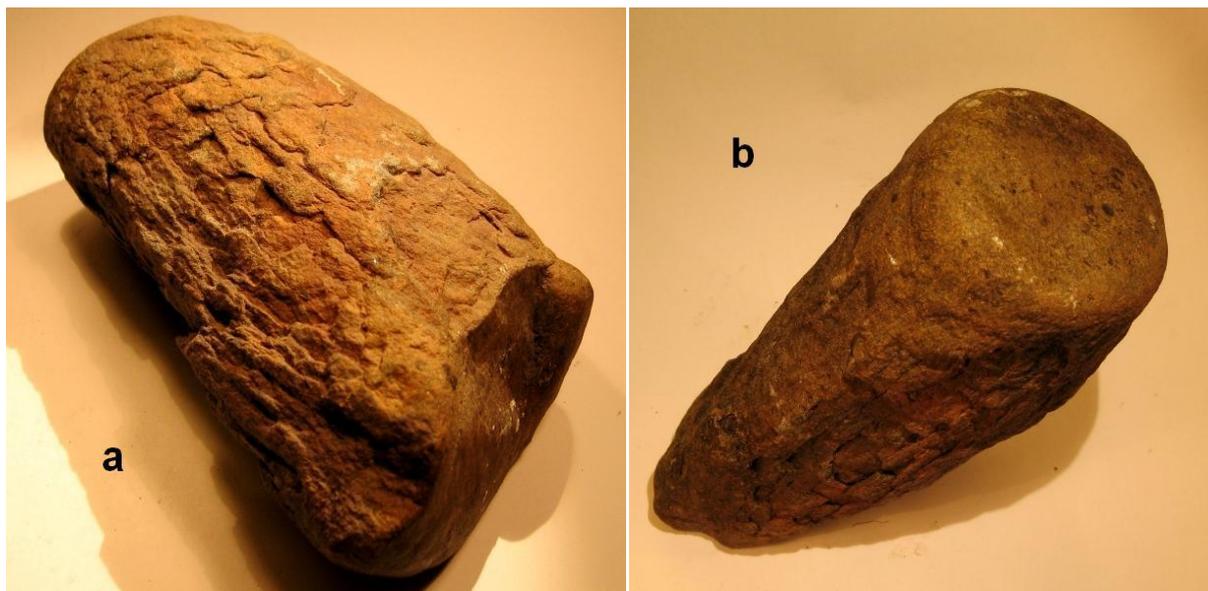


Рис. 5. Конус сотрясения в сланце.

Очевидно, такие особенности определяются структурой сланца – сланцеватость канализирует распространение энергии ударной волны вдоль плоскостей сланцеватости.

Там же – на мысе Владимировский был отобран образец андезибазальта (рис.6), по составу аналогичный андезибазальтам салминской свиты. В миндалевидных включениях андезибазальта (рис. 7) были найдены признаки (рис. 12), по которым его можно классифицировать как тагамит (коптогенный андезибазальт).



Рис. 6. Тагамит



Рис.7. Миндалины в тагамите

Здесь же был найден неокатанный обломок песчаника (фрагмент аллогенной брекчии) с включением кварцевой гальки размером около 2,5 см (рис. 8).



Рис. 8. Фрагмент аллогенной брекчии, представленный песчаником. Мыс Владимировский.

Галька прочно «припаяна» к обломку швом из силикатного расплава. В шлифе, сделанном из поперечного среза, внутри шва хорошо видны структуры течения (рис. 17).

**Третья точка** находится в двух километрах двухстах метрах к северу от с. Берегового, на западном фланге цокольного вала, во врезе дороги в крутой склон насыпного вала. Здесь среди галечного материала найден обломок сланца с неровными краями, очевидно, относящийся к закратерным выбросам. Поверхность обломка покрыта оплавленной охристой коркой, которая хорошо видна на сколе (рис. 9).



Рис. 9. Фрагмент оплавленного сланца из закратерных выбросов.

**Четвёртая точка** – примерно в километре от устья Вуоксы, в расчистке, сделанной бульдозером под строительство дома. Здесь среди песчано-гравийной смеси был найден обломок крупной гальки песчаника, аналогичного образцу песчаника с мыса Владимировский (рис. 10).



Рис. 10. Фрагмент аллогенной брекчии, представленный песчаником. Устье Вуоксы в Приозерске.

Из представленных образцов только конусы сотрясения, два обломка песчаника (рис. 8 и 10) и образец тагамита (рис. 6-7) отобраны внутри кратера – с внутренней стороны цокольного вала, выходящего на поверхность вдоль западной стороны глубоководной части Ладожского озера. Образец оплавленного сланца – на внешнем склоне цокольного вала. Все включения с железистым цементом найдены за пределами Ладоги, в материале, перемещённом ледником.

По положению в разрезе самыми древними из них являются сланцы, послужившие основным материалом аутигенной брекчии и импактного расплава, выше их в разрезе залегают песчаники редкинского горизонта, ставшие основным материалом аллогенной брекчии и коптокластитов. Галька кембрийских песчаников с железистыми включениями – самая молодая порода, в которой были обнаружены признаки импактного события. Из этих образцов были изготовлены шлифы, которые исследовались в проходящем свете, с помощью электронно-микроскопического и рентгенофазового методов анализа (приложения 3 – 5).

#### ПРИЗНАКИ ИМПАКТНОГО МЕТАМОРФИЗМА

К основным признакам ударного события относятся наличие конусов сотрясения, диаплектовые изменения (планарные трещины, планарные элементы, изотропизация, ударно-термическое разложение), присутствие в породах высокобарических минералов.

В обломке сланца из пород фундамента (рис. 9) обнаружены планарные элементы. Ниже представлены два зерна кварца с планарной трещиноватостью, развитой вдоль планарных элементов (рис. 11).

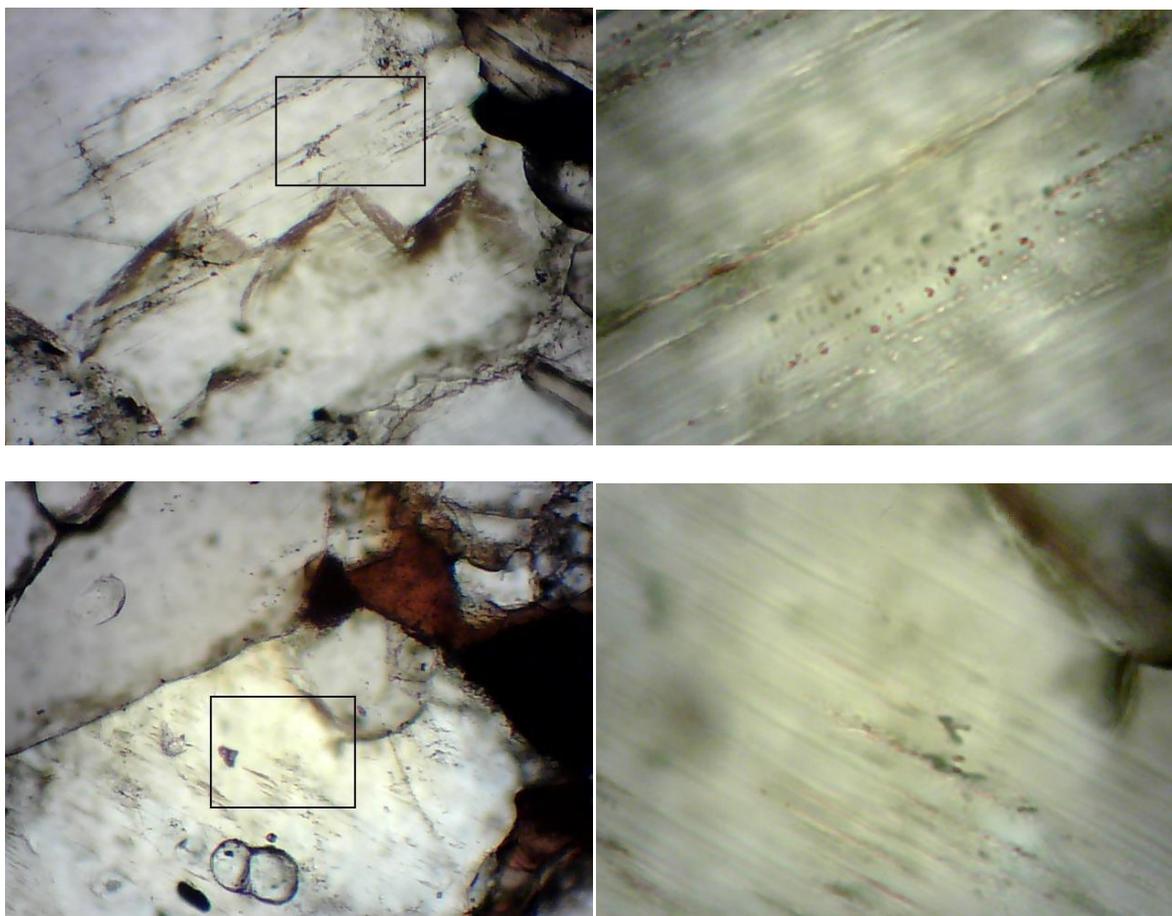


Рис. 11. Шлиф № 1а. Системы планарных элементов в сланце.

Всё - плоскополяризованный свет. Ширина поля слева – 0,28 мм, справа – 0,07 мм. Здесь и далее прямоугольная рамка показывает участок шлифа, представленный на следующем по порядку фото в увеличенном виде.

Образец андезибазальта (рис. 6), как можно судить по материалу включений, действительно является тагамитом. Поперёк миндалины, которую можно видеть на рис. 7 (слева внизу), было сделано несколько сечений, из которых были изготовлены шлифы. В шлифах в массе неравномерно раскристаллизованного кварца сохранились реликты пород мишени с признаками ударного воздействия. Одно из оплавленных по краям зёрен кварца показано на рис. 12. В зерне можно видеть две системы планарной трещиноватости и, при большем увеличении, систему планарных элементов.

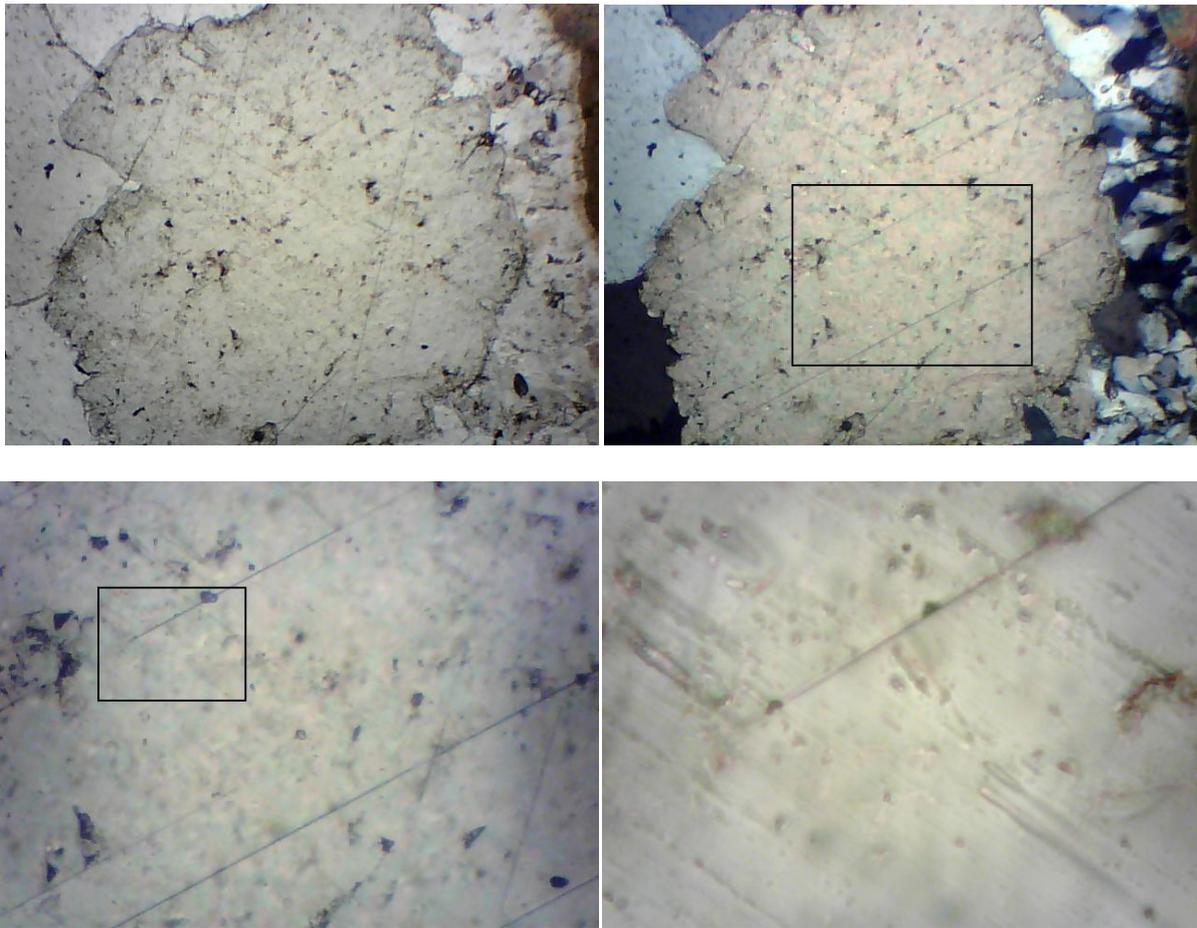


Рис. 12. Шлиф № 3. Зерно кварца в миндалине тагамита.  
 Вверху слева - николи II, справа – X. Ширина поля 0,9 мм. Внизу оба снимка – плоскополяризованный свет. Ширина поля на нижнем снимке слева – 0,28 мм, справа – 0,07 мм.

В кварце аллогенной брекчии, представленной песчаниками, наблюдается импактное расщепление, изотропизация, деформационные структуры, планарные элементы. Все эти признаки присутствуют в кварцевой гальке и в разных комбинациях встречаются в зёрнах кварца основной массы песчаника (рис. 13 - 16).

Деформационные структуры (мозаицизм, изгибы зёрен, кинк-бэнды) являются общим явлением для минералов, подвергшихся динамическому давлению. Их присутствие в породах служит необходимым признаком ударного события (Trepmann and Spray, 2004). Деформационные структуры могут также встречаться в минералах пород, подвергшихся высокому статическому давлению, однако их наличие в минералах осадочной толщи плитного чехла Русской платформы неизвестны либо являются редким исключением. Поэтому многочисленные и разнообразные их проявления в кварце всех песчаников, отобранных для исследования, являются, наряду с остальными, дополнительным достаточным признаком импакта. Необходимо также отметить, что планарные элементы в кварце песчаников имеют, как правило, изогнутую форму, «указывающую на постимпактные процессы в ударных породах мишени» (Trepmann and Spray, 2004). При большем увеличении (на более коротких участках шлифа) планарные элементы имеют вполне «классический» вид (рис. 14).

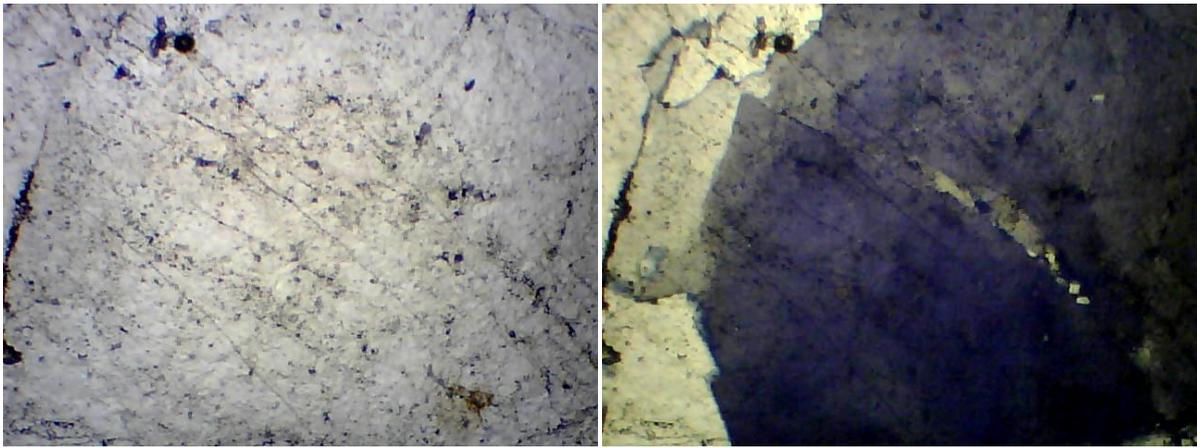


Рис. 13. Шлиф № 1. Кварцевая галька.  
Слева николи - II, справа – X. Ширина поля 0,28 мм. Планарные элементы, изотропизация, мозаицизм.

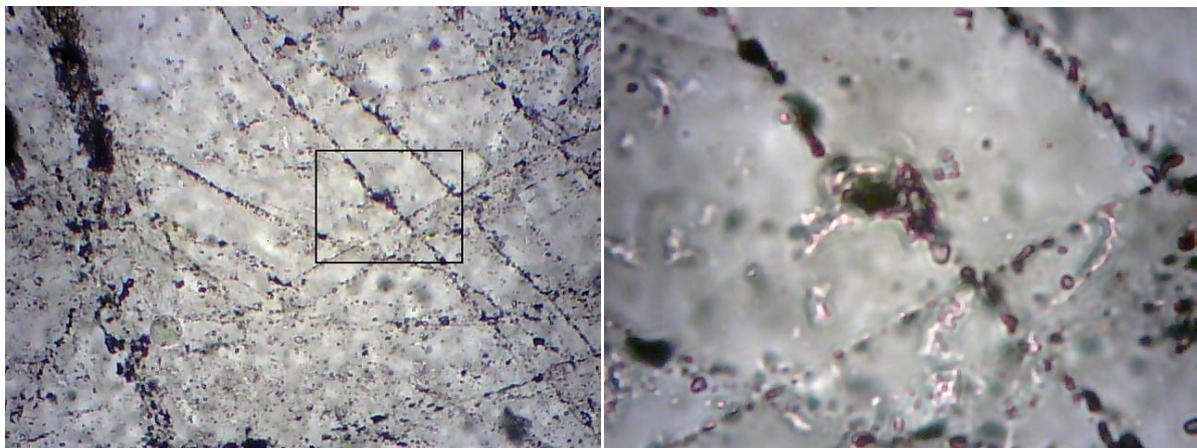


Рис. 14. Шлиф № 1. Кварцевая галька.  
Плоскополяризованный свет. Ширина поля слева 0,28 мм, справа 0,07 мм. Планарные элементы.

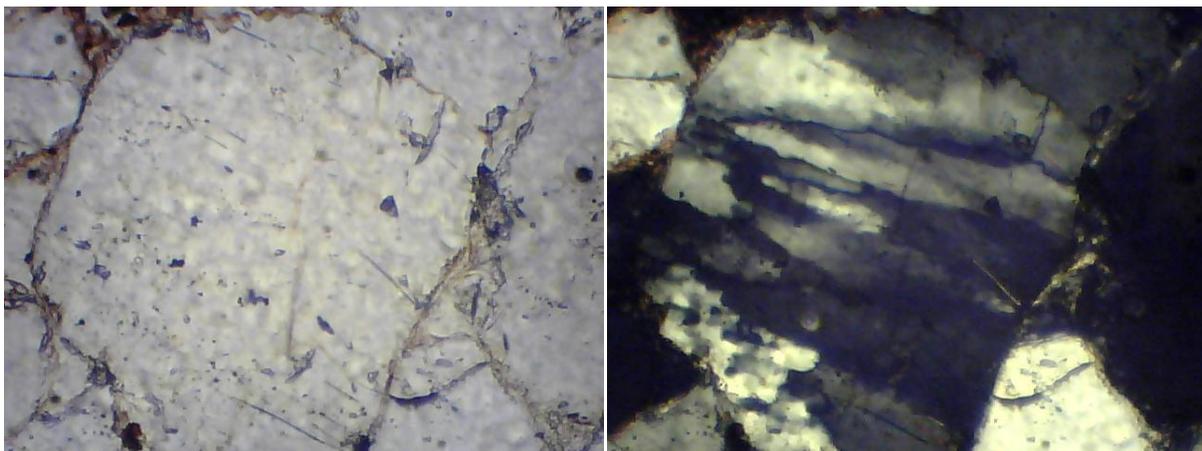


Рис. 15. Шлиф № 1. Зерно кварца в основной массе.  
Слева николи - II, справа – X. Ширина поля 0,28 мм. Слева внизу – мозаицизм, справа внизу – ударное расщепление, в центре – кинк-бэнды в кварце, справа и слева – диаплектовое стекло.

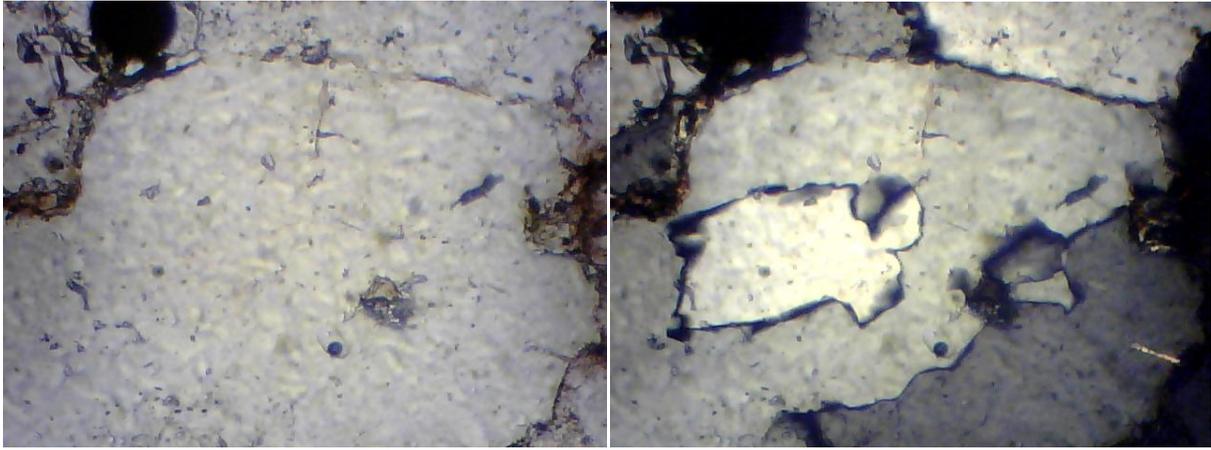


Рис. 16. Шлиф № 1. Зерно кварца.  
Слева николи - II, справа – X. Ширина поля 0,28 мм. Мозаицизм.

Своеобразным цементом между кварцевой галькой и остальной массой песчаника служит импактный силикатный расплав со следами течения, хорошо различимыми под микроскопом (рис. 17).

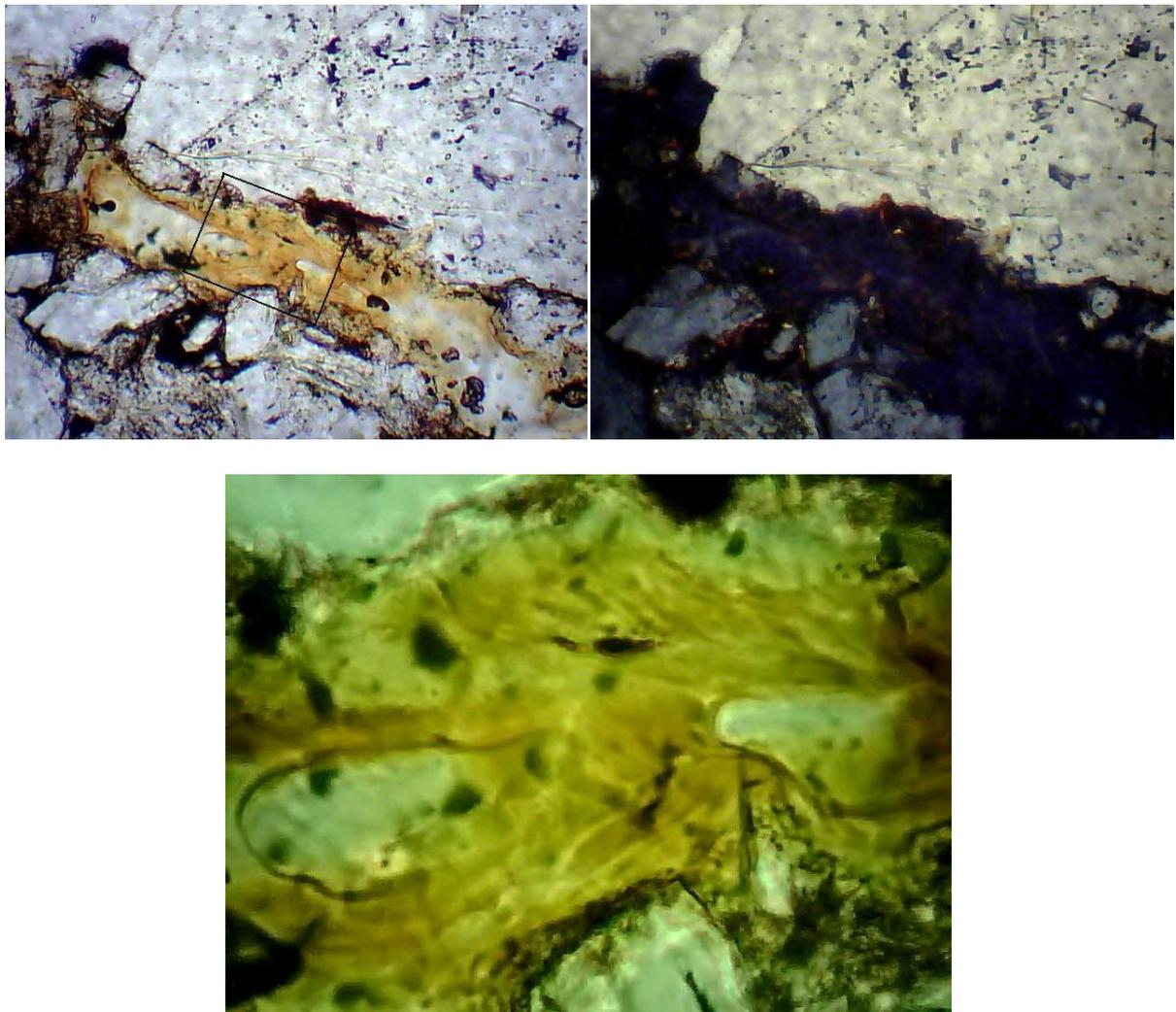


Рис. 17. Шлиф № 1. Силикатный расплав на границе между кварцевой галькой и основной массой песчаника  
Вверху слева – николи II, справа – X. Ширина поля 0,28 мм. Внизу – плоскопараллельный свет, Ширина поля 0,07 мм.

Признаки ударного метаморфизма во втором образце песчаника (шлиф № 2), отобранном в Приозерске вблизи устья Вуоксы, идентичны таковым в первом образце, представленном выше. Ниже приведён фрагмент шлифа № 2, сочетающий в себе несколько таких признаков – мозаичное погасание, изотропизацию, планарные элементы (рис. 18).

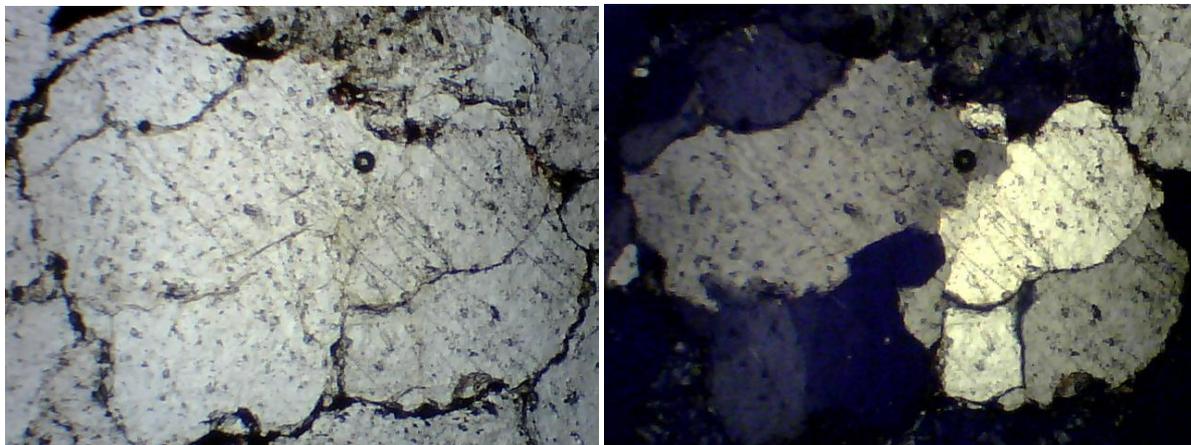


Рис. 18. Шлиф № 2. Диаплектовые изменения в кварце.  
Слева николи - II, справа – X. Ширина поля 0,28 мм. Планарные элементы, мозаицизм, изотропизация.

В образце песчаника из Приозерска присутствует слюда, претерпевшая ударное изменение (рис. 19).

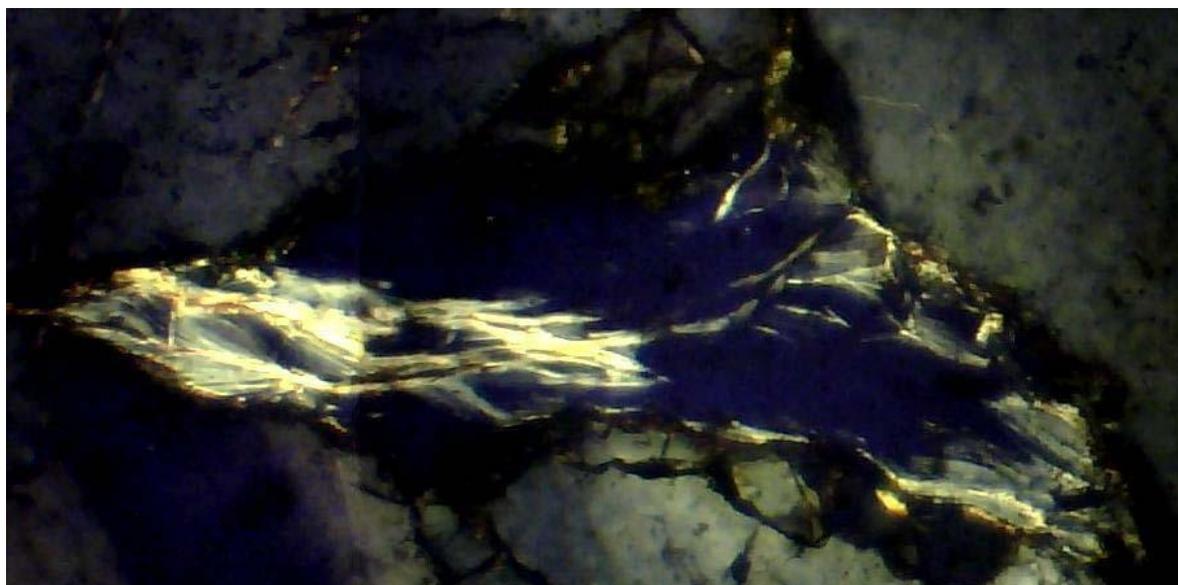


Рис. 19. Шлиф № 2. Диаплектовая слюда.  
Николи – X. Ширина поля 0,1 мм.

Во включениях в кембрийских песчаниках зёрна кварца подверглись тем же ударным изменениям, что и в песчаниках аллогенной брекчии. В них встречаются ударное расщепление (рис. 20), изотропизация и планарные элементы (рис. 21, 22), кинк-бэнды (рис. 23).

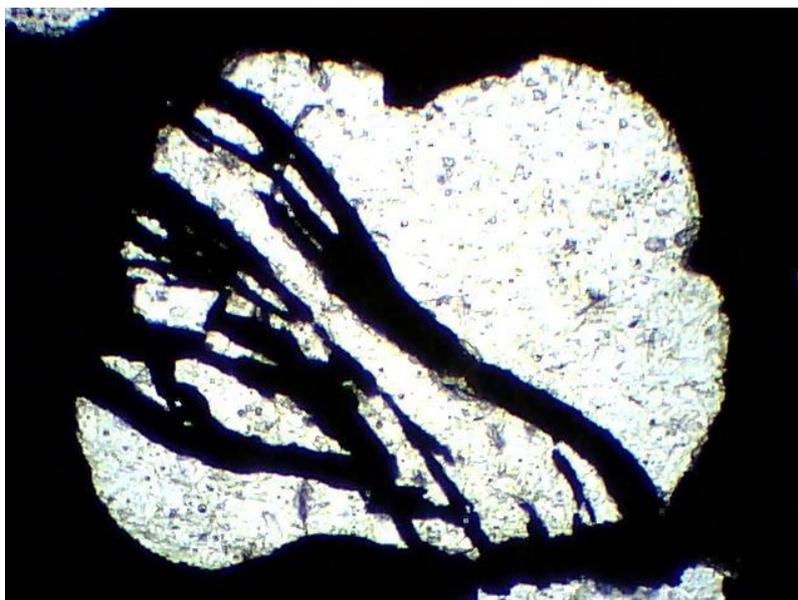


Рис. 20. Шлиф № 4. Зерно кварца.  
Плоскополяризованный свет. Ширина поля 0,28 мм. Ударное расщепление. В трещинах и между зёрен –  
пиритовый цемент.

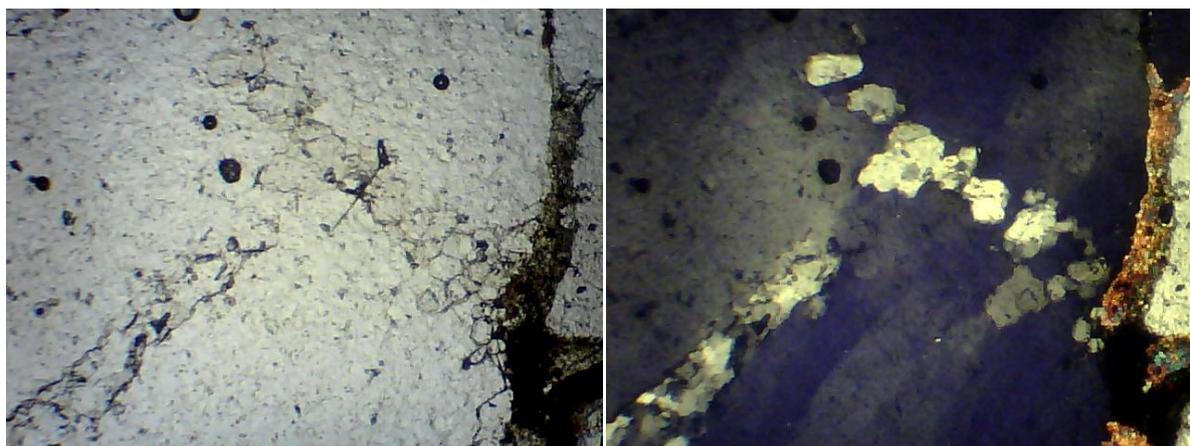


Рис. 21. Шлиф № 6. Зерно кварца.  
Слева николи - II, справа – X. Ширина поля 0,28 мм. Мозаицизм, изотропизация.

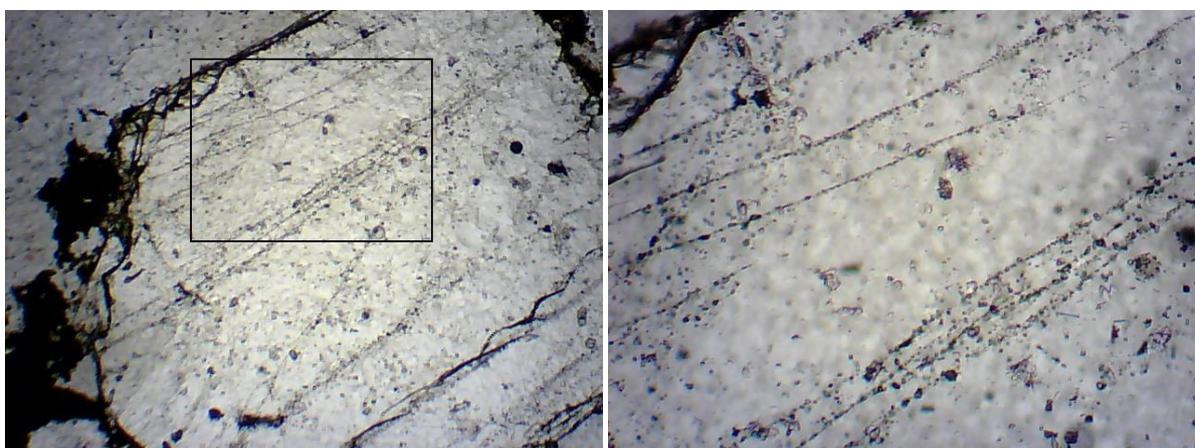


Рис. 22. Шлиф № 11. Зерно кварца.  
Плоскополяризованный свет. Ширина поля слева 0,9 мм, справа 0,28 мм. Планарные элементы.

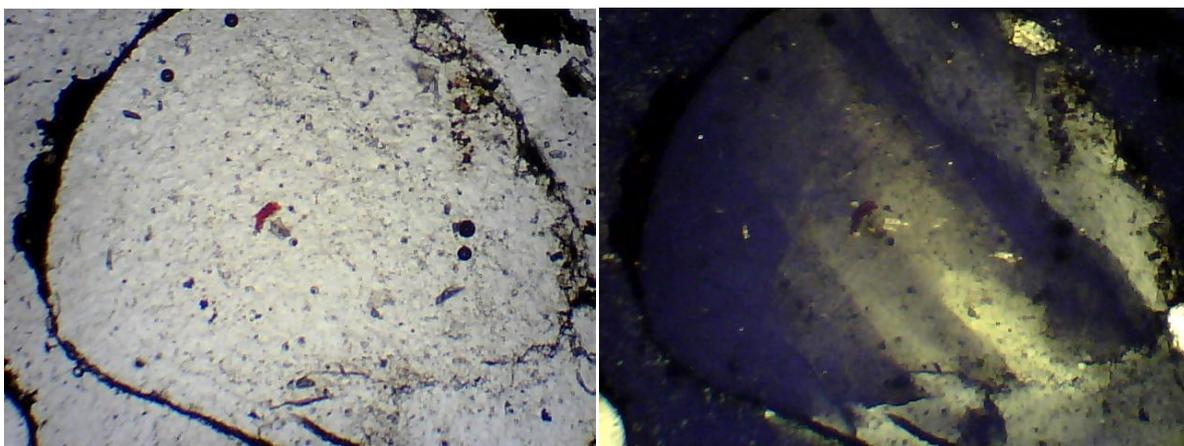


Рис. 23. Шлиф № 11. Зерно кварца.  
Слева николи - П, справа – Х. Ширина поля 0,28 мм. Кинк-бэнды в кварце.

Кроме представленных выше признаков, общей чертой, объединяющей образцы аллогенной брекчии (оба обломка песчаника и оплавленный образец сланца) и образцы включений в кембрийских песчаниках, является наличие в них шоковых структур микроскопического порядка. Их размерность колеблется от 0,05 и менее до 0,3 и более миллиметров. Их образование сопровождается образованием концентрических (рис. 24а), иногда планарных (рис. 24b) трещин, ударным плавлением (рис. 25) в зёрнах минералов мишени.

Все подобные микроstructures обнаружены вблизи поверхности образцов.

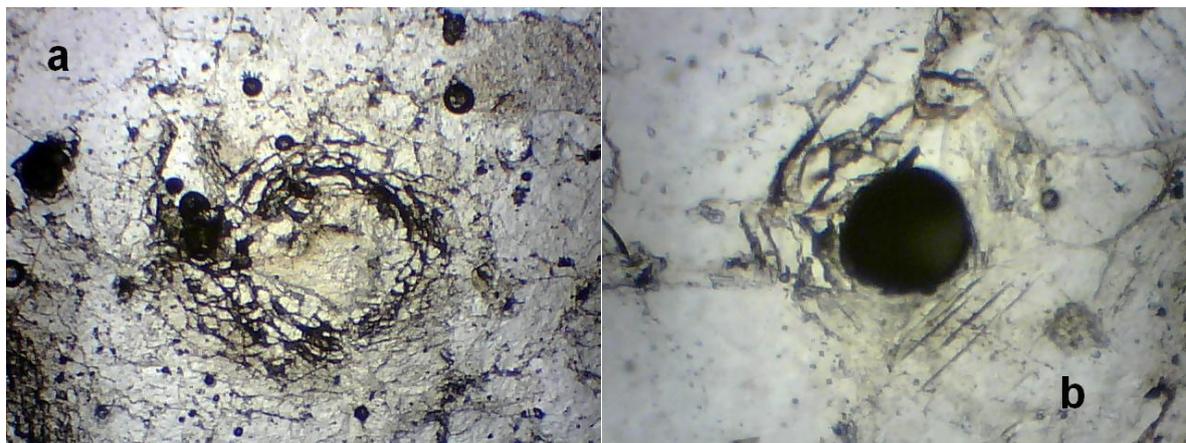


Рис. 24. Шлиф № 1. Шоковые микроstructures в песчанике. Мыс Владимировский.  
Плоскополяризованный свет. Ширина поля 0,9 мм.

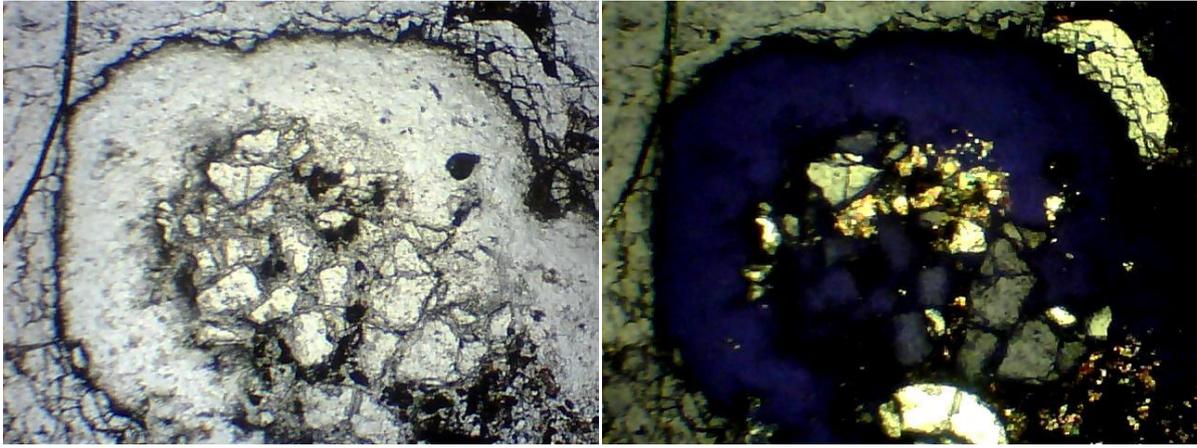


Рис. 25. Шлиф № 6. Шоковая микроструктура в зерне кварца кембрийского песчаника. Слева николи - II, справа – X. Ширина поля 0,28 мм. Концентрическая трещиноватость, дробление минералов мишени, диаплектовое стекло.

Микроструктуры иногда соприкасаются, частично перекрывая друг друга (рис. 26), образуют «микрополя», подвергшиеся «микробомбардировке» (рис. 27, 28).

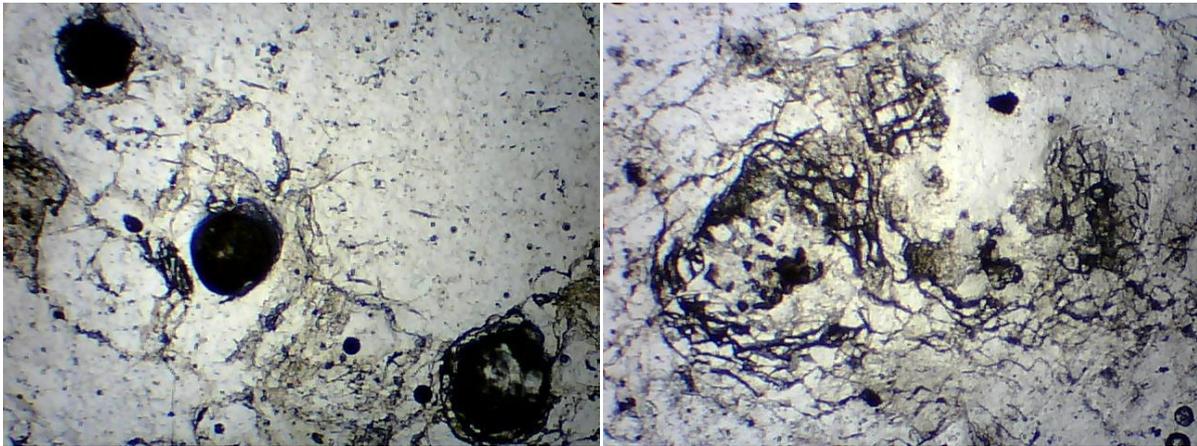


Рис. 26. Шлиф № 1. Группы микроструктур в песчанике (мыс Владимировский). Плоскополяризованный свет. Ширина поля 0,9 мм.

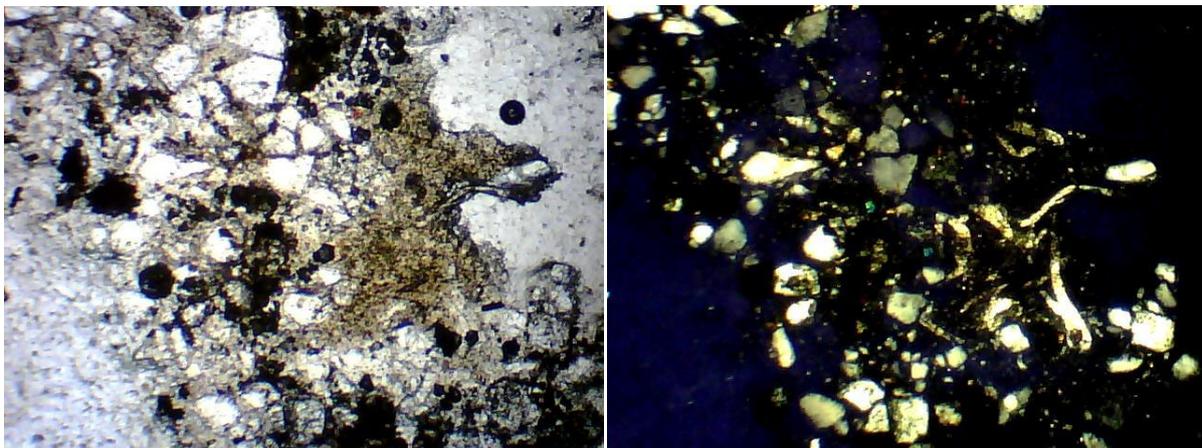


Рис. 27. Шлиф № 13. Поле дробления минералов мишени в кембрийском песчанике. Слева николи - II, справа – X. Ширина поля 0,9 мм. В массе раздробленного кварца, сцементированного железистым цементом и стеклом плавнения, в заметном количестве присутствует муассанит.

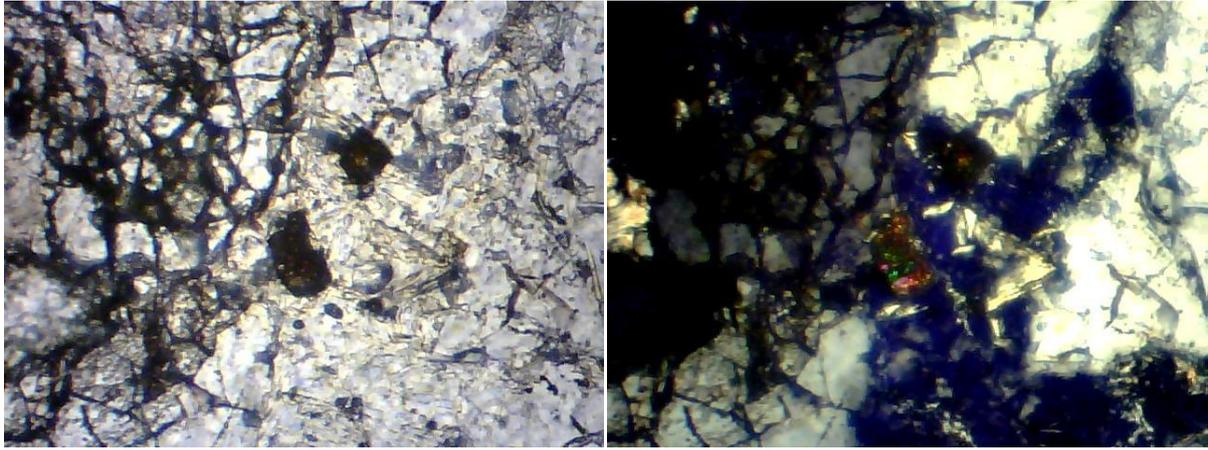


Рис. 28. Шлиф № 2. Поле дробления минералов мишени в песчанике. Приозерск.  
Слева николи - II, справа – X. Ширина поля 0,28 мм. Два зерна в центре – муассанит.

Внутри относительно «крупных» микроструктур раздробленный кварц отличается более яркими цветами интерференции. Находящиеся по краям, вовне таких микроструктур, зёрна кварца имеют в шлифах обычный цвет (рис. 29).

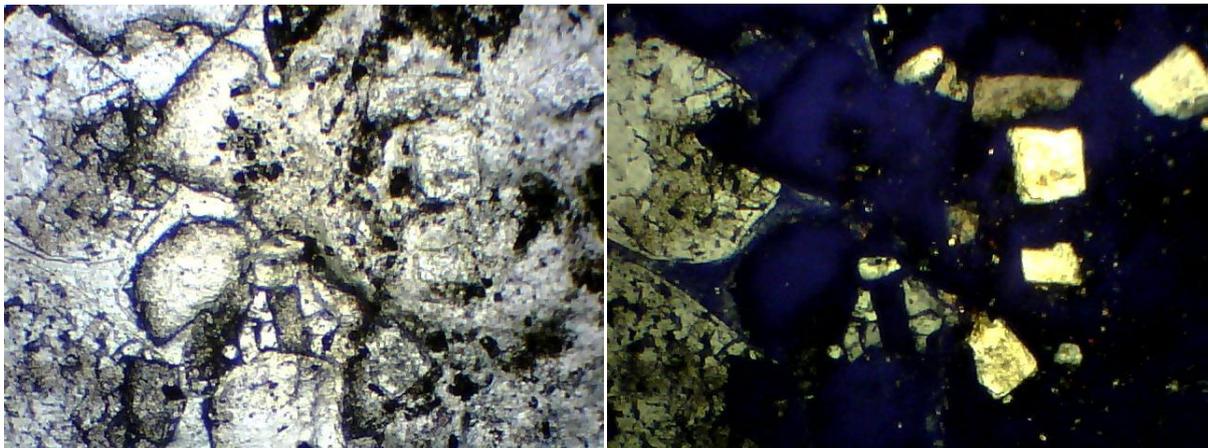


Рис. 29. Шлиф № 13. Дробление кварца.  
Слева николи - II, справа – X. Ширина поля 0,28 мм. Зёрна раздробленного кварца внутри микроструктур отличаются более яркими цветами интерференции.

Как правило, в центрах шоковых микроструктур в виде тонкой фракции - менее 0,02 миллиметра (рис. 30, 32), иногда в виде отдельных зёрен от 0,1 до 0,16 миллиметров (рис. 31, 33-34) присутствует муассанит, отличающийся высоким рельефом, резкой шагреневой поверхностью и перламутровыми цветами интерференции.

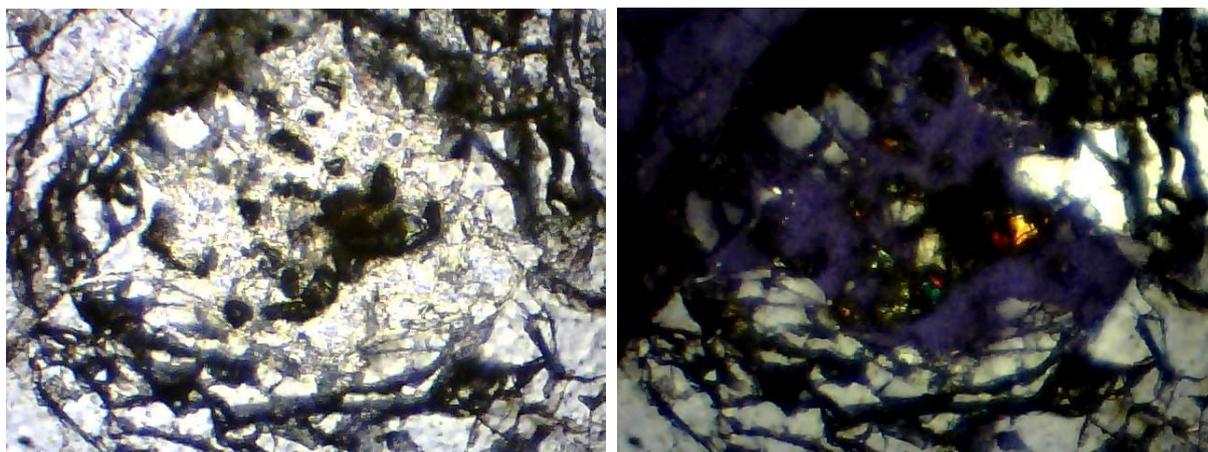


Рис. 30. Шлиф № 1. Микроструктура с муассанитом в песчанике. Мыс Владимировский. Слева николи - II, справа – X. Ширина поля 0,28 мм. Тёмные (на левом фото) угловатые зёрна в центре – муассанит.

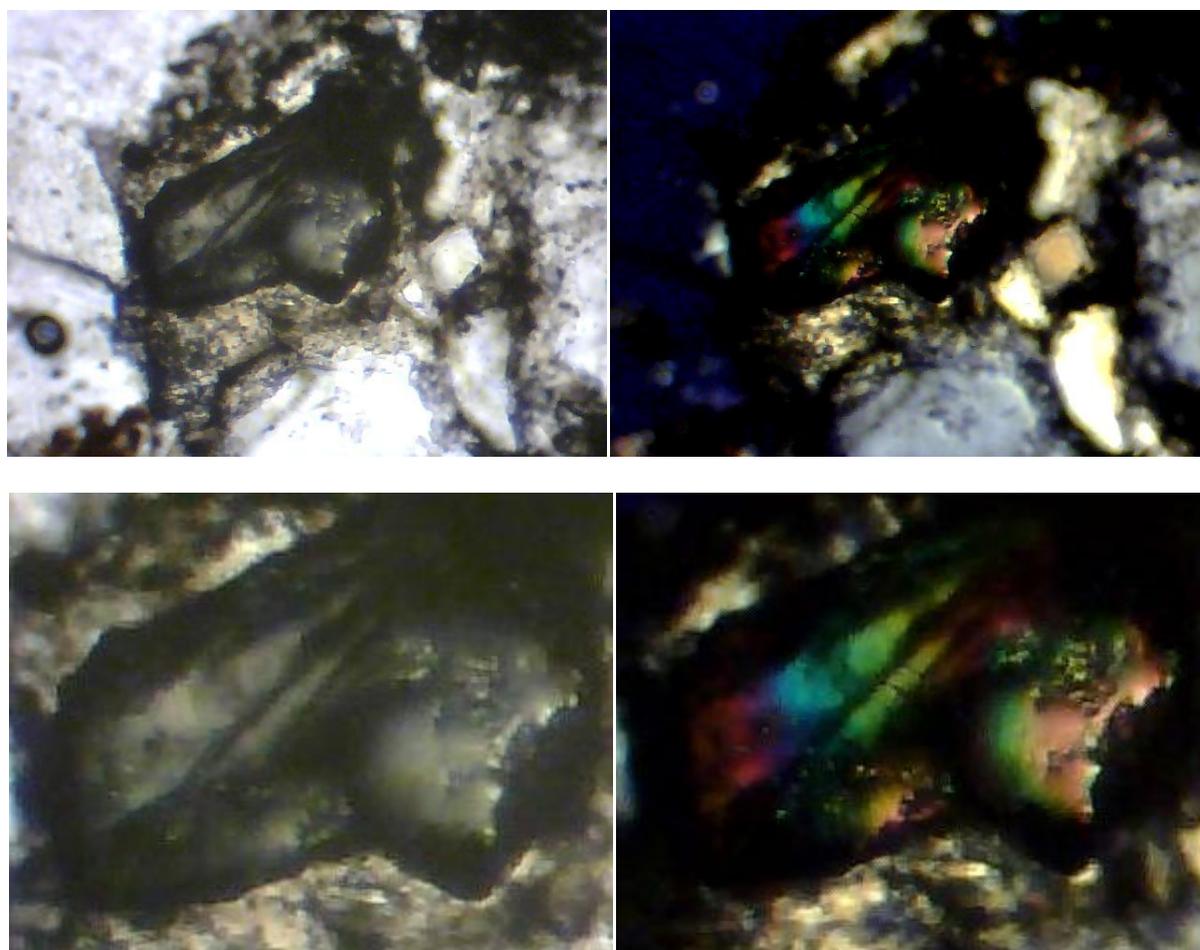


Рис. 31. Шлиф № 13. Зерно муассанита в микроструктуре. Кембрийские песчаники. Слева николи - II, справа – X. Ширина поля на верхних снимках 0,28 мм, на нижних – 0,14 мм.

Иногда муассанит присутствует в микроструктурах в значительных количествах (рис. 32).

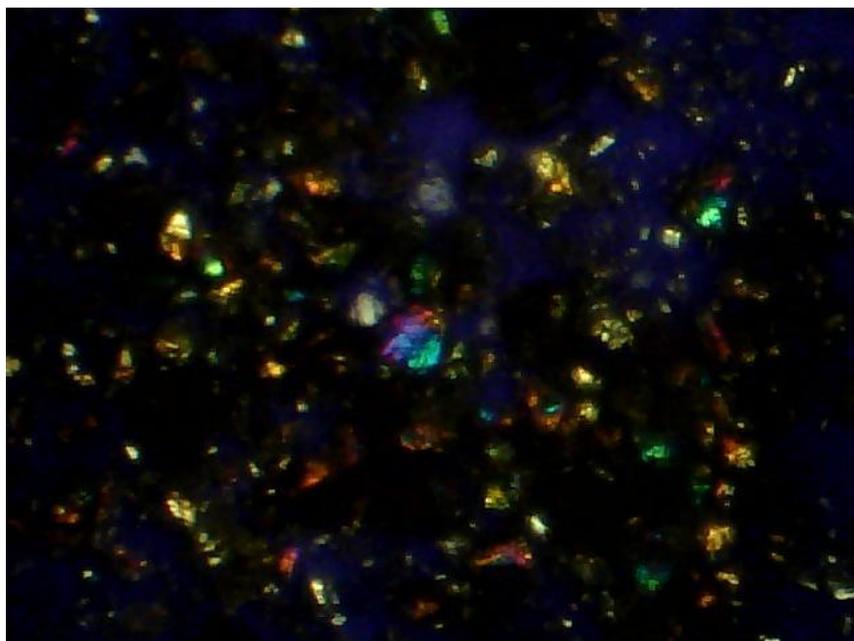


Рис. 32. Шлиф № 5. Муассанит в шоковой микроструктуре. Кембрийские песчаники.  
Николи - X. Ширина поля 0,28 мм.

В единичных случаях муассанит встречается в виде округлых зёрен с резко выраженной шагреновой поверхностью (рис. 33).

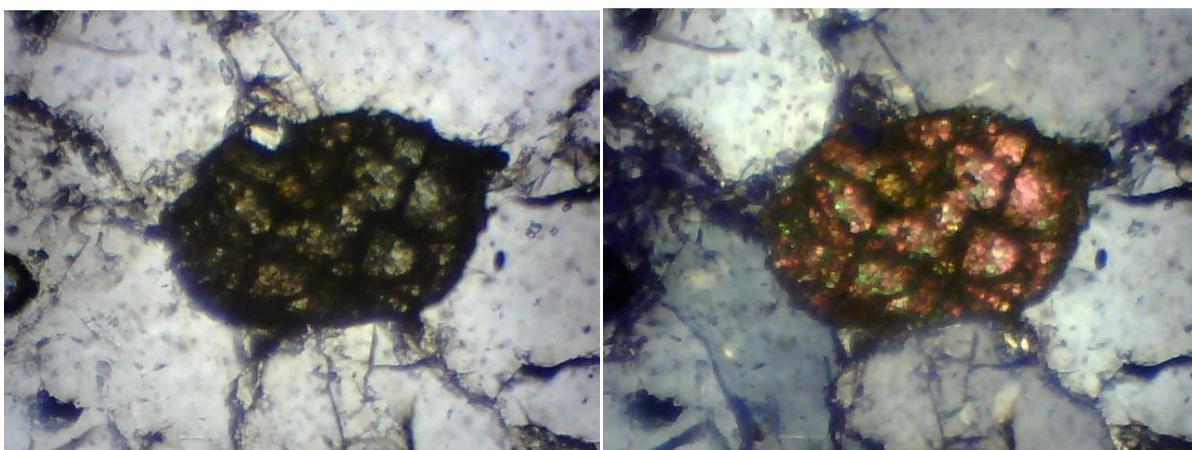


Рис. 33. Шлиф № 2. Зерно муассанита в песчанике. Приозерск.  
Слева николи - II, справа – X. Ширина поля 0,28 мм.

Рентгенофазовое исследование наиболее представительной микроструктуры в шлифе № 13 (рис. 27, 34) показало присутствие в ней только кварца и муассанита, а также изотропной фазы, представленной ударным расплавом (приложение 5).

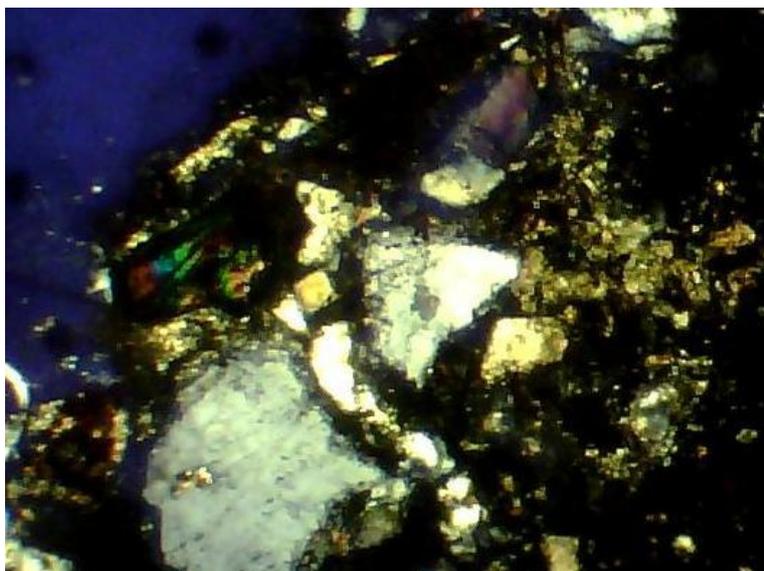


Рис. 34. Шлиф № 13.  
Николи - Х. Ширина поля 0,9 мм

Т.о., высокобарический минерал муассанит, служащий, наряду с диаплектовыми изменениями и деформационными структурами, надёжным маркером импактного события, был найден на Ладоге и её окрестностях во всех точках отбора проб. От деревни Кирсино, находящейся в 30 км к югу от Ладоги до Приозерска в северной части Ладоги. Расстояние между крайними точками составляет 163 км, что говорит о большом масштабе катастрофы даже без учёта предполагаемого импакта в районе Онеги (Юрковец, 2012).

#### ПОСЛЕДСТВИЯ ЛАДОЖСКОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ

Объём эруптивного материала, выброшенного в атмосферу в результате извержения Ладожского вулкана, был, учитывая объём образовавшейся кальдеры оседания, колоссальным. В первом приближении его можно считать равным объёму озера - 838 куб. км. Удельный вес пепла более чем в два раза меньше удельного веса исходных пород, следовательно, пеплы ладожского извержения должны быть широко распространены на территории Русской равнины. Однако в первозданном виде они сохранились только на юге, в отложениях лёссовидных пород, имеющих единое со слоями пепла эоловое происхождение (Юрковец, 2011b). В частности, в с. Костёнки и с. Александровка Донская (р. Дуванка) Воронежской области, где найдены палеолитические стоянки, засыпанные пеплами этого извержения, а также в Днепро-Донецком междуречье (Карта четвертичных отложений, лист. 11, 1971). Распространение этих пеплов показано ниже (рис. 35).

В лёссовидных породах пеплы занимают центральную часть разреза между двумя гумусированными толщами – древними почвами (Лазуков и др., 1981). Такое их положение в разрезе означает, что извержение и, соответственно, падение космического тела произошло в один из пиков Валдайского оледенения, поскольку, согласно общепринятой точке зрения, лёссы и лёссовидные породы образуются в ледниковые эпохи в перигляциальной зоне. В настоящее время эти пеплы хорошо изучены (Мелекесцев и др., 2002), их возраст – около 40 тысяч лет (Anikovich, et al, 2007). Следовательно, возраст котловины Ладожского озера также примерно равен 40 тысячам лет. Эта цифра хорошо коррелирует с пиком Леясциемского оледенения, который на шкале Климатических корреляций отмечается 38,5 тысяч лет назад (Юрковец, 2011a). Очевидно, эту дату следует считать уточнённой датой Ладожского события.

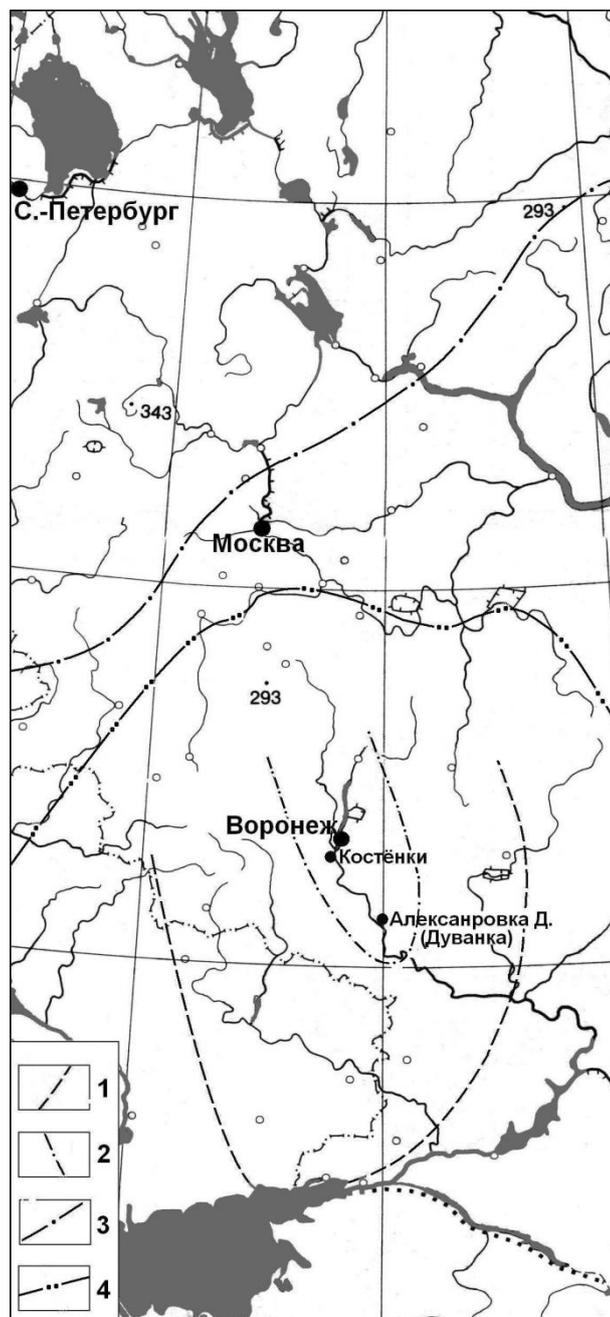


Рис. 35. Карта распространения пеплов

1 – область распространения верхнеплейстоценового вулканического пепла (Карта четвертичных отложений европейской части СССР и прилегающих территорий, лист 11, 1971); 2 – область распространения линз верхнеплейстоценового пепла мощностью более 0,5 м (Геология СССР, т.6, 1949); 3 – южная граница ледового щита в максимум Валдайского оледенения (Гросвальд, 2009); 4 – северная граница распространения лёссовидных пород (Физико-географический атлас мира, 1964).

В приледниковой зоне, где происходили интенсивные процессы выветривания и солифлюкции, отложения пеплов не сохранились. Пеплы приледниковой зоны вместе с пеплами, выпавшими на ледниковый щит (основная часть), с окончанием оледенения попали в сток р. Волга и были снесены в Каспийское море, где сформировали мощную толщу бентонитовых «шоколадных глин» в верхней части нижнехвалынских отложений (Юрковец, 2012).

Т.о., основной причиной того, что Ладожская ИВС и, в частности, её импактная часть – астроблема, долгое время оставались вне поля зрения геологов, стал ледниковый щит мощностью до 1500 метров, принявший на себя львиную долю

энергии космического тела. Образовавшийся во льдах кратер растаял вместе с ледяной аллогенной брекчией. В толще пород остались только «корешки» импактной структуры, однако, как показано выше, они несут все необходимые признаки астроблемы – цокольный вал, кольцевые поднятия, коптогенный комплекс отложений.

**ДНК-генеалогический аспект** данного события состоит в том, что это была самая масштабная космическая катастрофа в истории человечества. Космическое тело нарушило монолитность Балтийского щита, вызвав крупнейшее извержение. Огромные массы вулканических пеплов были выброшены в атмосферу, что привело к уменьшению её прозрачности и, как следствие, резкому похолоданию, отмеченному археологами как «ядерная зима» палеолита. Выпавшие пеплы накрыли территорию Восточной Европы от Балтики до Азовского моря, уничтожив верхнепалеолитические стоянки Костёнковско-Борщевского региона и отправив их обитателей в вынужденные миграции. С датой этой катастрофы (38,5 тысяч лет назад) совпадает образование предковых гаплогрупп основных генеалогических линий современной Европы - R (NOR) и IJK (Юрковец, 2011).

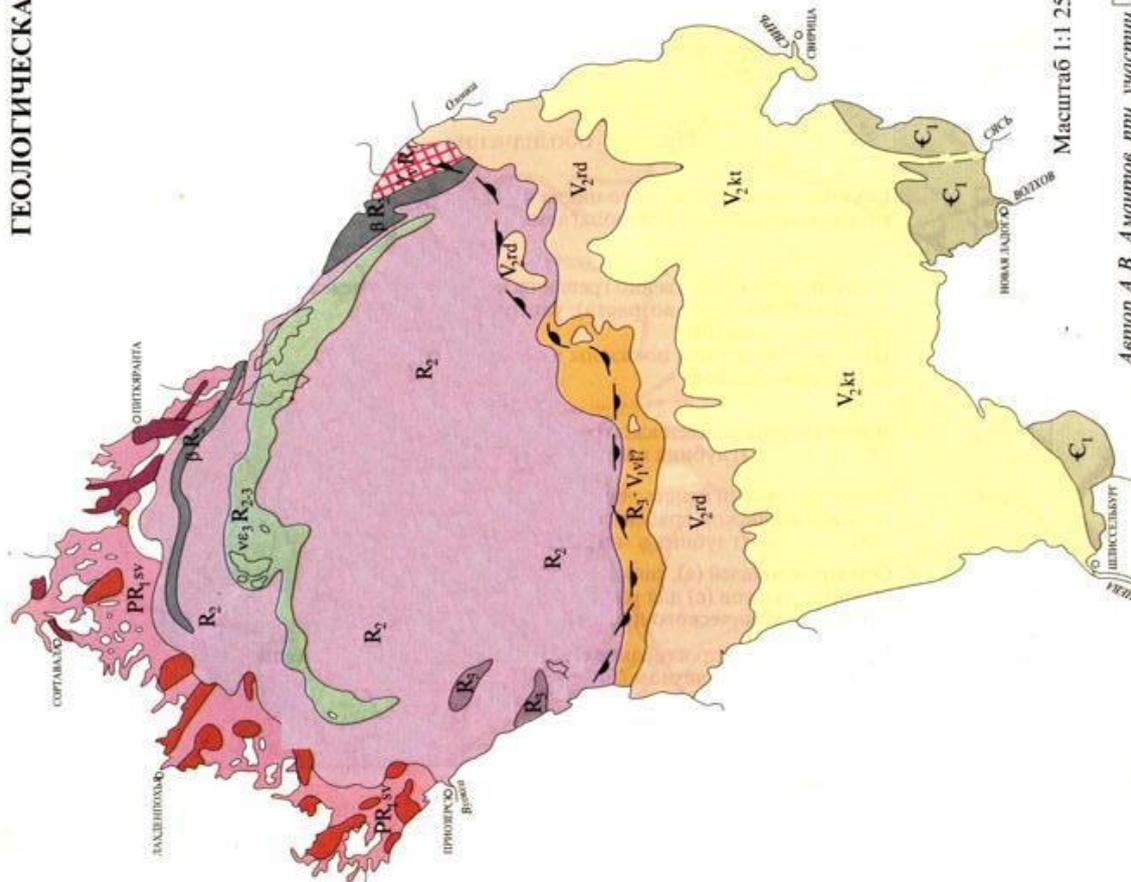
Очевидно, это же событие сыграло решающую роль в исчезновении неандертальца, распространённого тогда на Северном Кавказе, в Крыму, в Днестровско-Прутском междуречье, в Причерноморье, Приазовье, в Центральной и Западной Европе (Вишняцкий, 2006). Неандертальцы не пережили климатических последствий этого извержения ещё и потому, что оно для них было не единственным. Новые извержения спровоцировала сейсмическая волна от взрыва огромной мощности, вызванная падением ладожского космического тела. Волна прокатилась по поверхности Земли и её недрам, многократно отразившись и преломившись на границах сред и геологических структур разного порядка, что вызвало тектонические подвижки в литосфере и активизацию вулканической деятельности, по крайней мере, на Кавказе и в Средиземноморье. По этим регионам имеются данные об одновозрастных ладожскому извержениях Флегрейских полей в Италии (Мелекесцев и др., 2006) и Эльбрусского вулканического центра (Газеев и др., 2011). Таким образом, свою негативную роль в трагедии неандертальца, кроме Ладоги, сыграли ещё вулканы Италии и Кавказа.

Приложение 1. Фрагмент Государственной геологической карты м-ба 1:1 000 000 (Государственная геологическая карта, 2000).



Приложение 2. Геологическая карта из Атласа «Ладожское озеро»

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

$\epsilon_1$	Кембрийская система. Нижний отдел, нерасчлененный. Песчаники и алевроиты с прослоями глины
$V_2 kt$	Верхний ярус. Валдайская серия. Котлинский горизонт. Котлинская (вылеостровская) свита и гловские слои. Глины аргиллитоподобные, песчаники, алевролиты, микститы
$V_2 rd$	Верхний ярус. Валдайская серия. Редкинский горизонт. Песчаники, алевролиты, гравелиты
$R_3 V_1 vff$	Верхний рифей - нижний ярус, нерасчлененный. Вольская серия. Песчаники, алевролиты, глины, тиллиты
$R_3$	Верхний рифей. Песчаники с прослоями алевролитов
$v\epsilon_3 R_{2,3}$	Средний - верхний рифей. Габбро-граносенит-субщелочно-лейкогранитовая серия
$R_2$	Средний рифей, нерасчлененный. Песчаники, алевролиты, аргиллиты, конгломераты, гравелиты
$\beta R_2$	Средний рифей. Базальты покровные и субвулканические
$R_1$	Нижний рифей. Граниты ралакиты, монзониты, анортозиты
$PR_4$	Нижний протерозой. Граниты, гранодиориты, диориты
$PR_1 sv$	Нижний протерозой. Свеквокарельский комплекс - метабазиты, амфиболиты, слюдяные сланцы и гнейсы
$AR$	Архей. Архейские гнейсовидные граниты, биотитовые и роговообманковые магматизированные гнейсы
	Граница распространения редкинского горизонта.

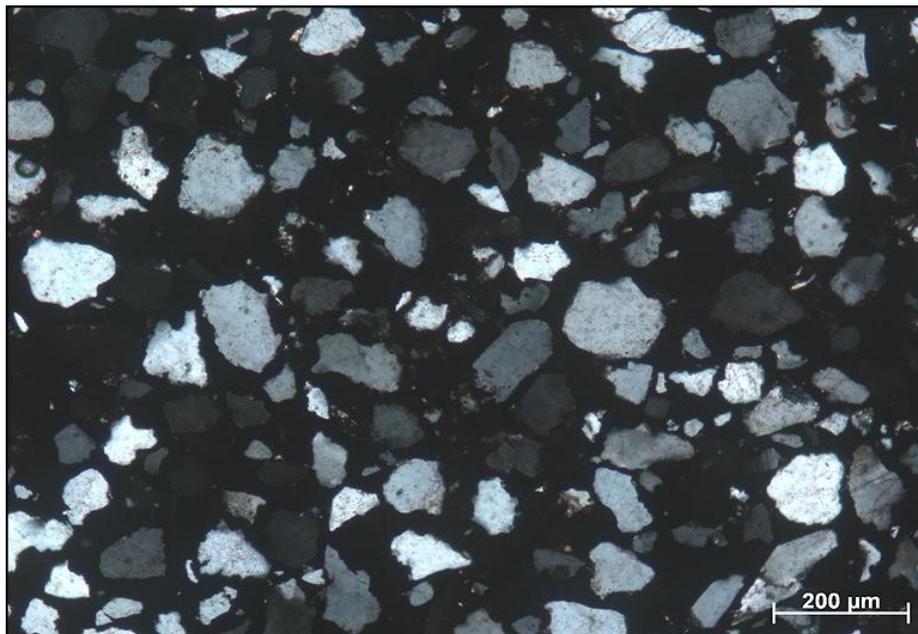
Автор А.В. Амантов при участии В.Ф. Шувалова

Масштаб 1:1 250 000

**Приложение 3.** Результаты петрографического анализа железистого включения в кембрийском песчанике.

***Песчаник олигомиктовый, тонко-мелкозернистый, зернистый, алевритовый, с поровым открытым, коррозионным, железистым цементом***

*Песчаник сложен зернами размером от 0,01 до 0,3 мм, но преобладают (около 50%) зерна размером от 0,1 до 0,25 мм (мелкозернистая фракция), в количестве до 20% содержатся зерна размером от 0,01 до 0,025 мм (тонко-зернистая фракция, в незначительном количестве (до 5%) присутствуют зерна от 0,25 до 0,3 мм (среднезернистая фракция). Сортировка средняя. Для песчаников характерно присутствие алевритовой примеси (~25%). Зерна различной степени окатанности, от угловатых, полуокатанных до хорошо окатанных, отмечаются также удлиненные зерна. Большая часть зерен корродированы железистым веществом цемента, что искажает форму и размер зерен (рис. 5).*



*Рис. 1. Коррозия зерен кварца железистым цементом. Николи X.*

*Текстурные особенности породы выражаются в хорошо проявленной тонкой слоистости, обусловленной чередованием зерен песчаной и алевритовой размерности. Состав обломочной части олигомиктовый (по классификации Шванова В.Н.): кварца ~80%, полевые шпаты ~5%, обломки пород ~15%.*

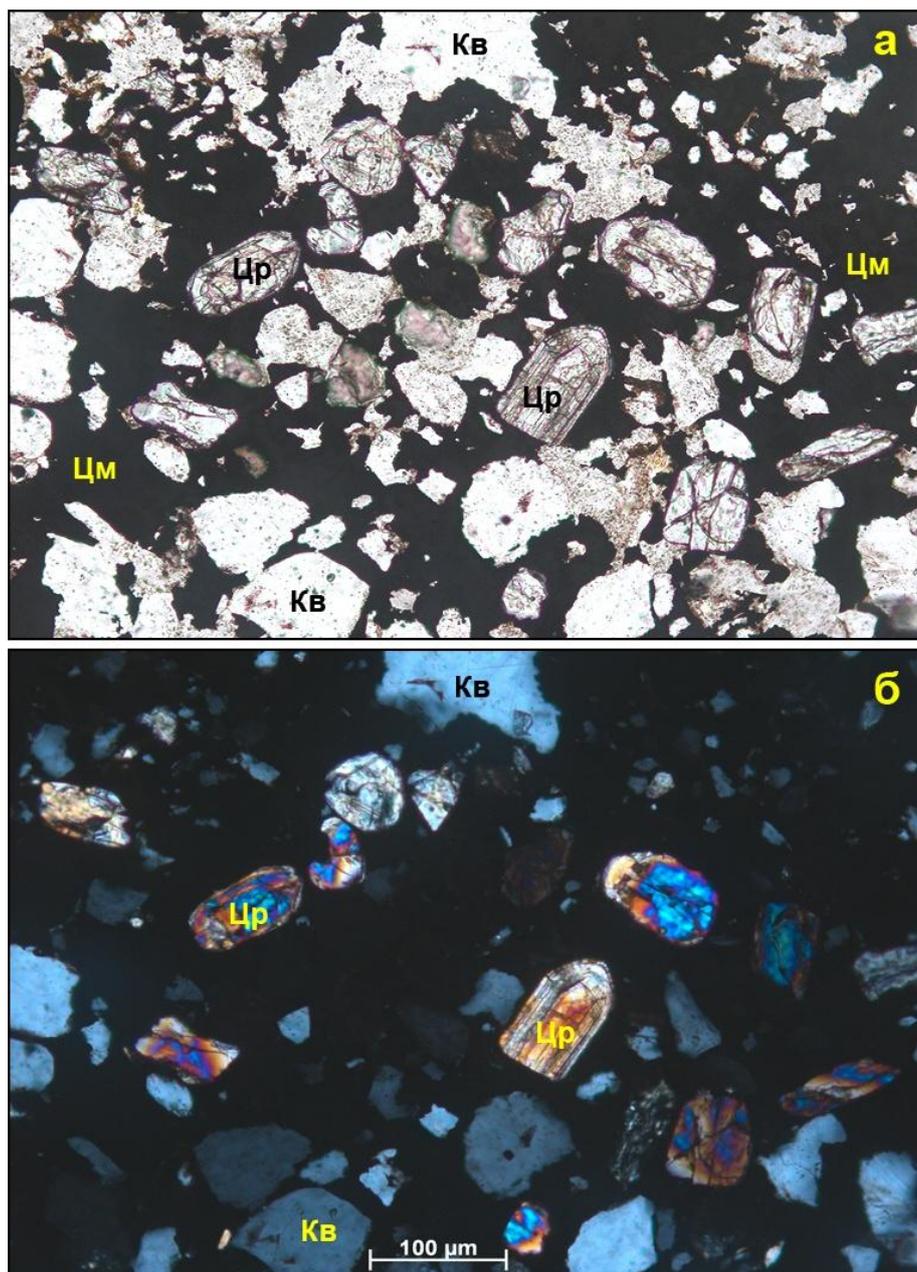


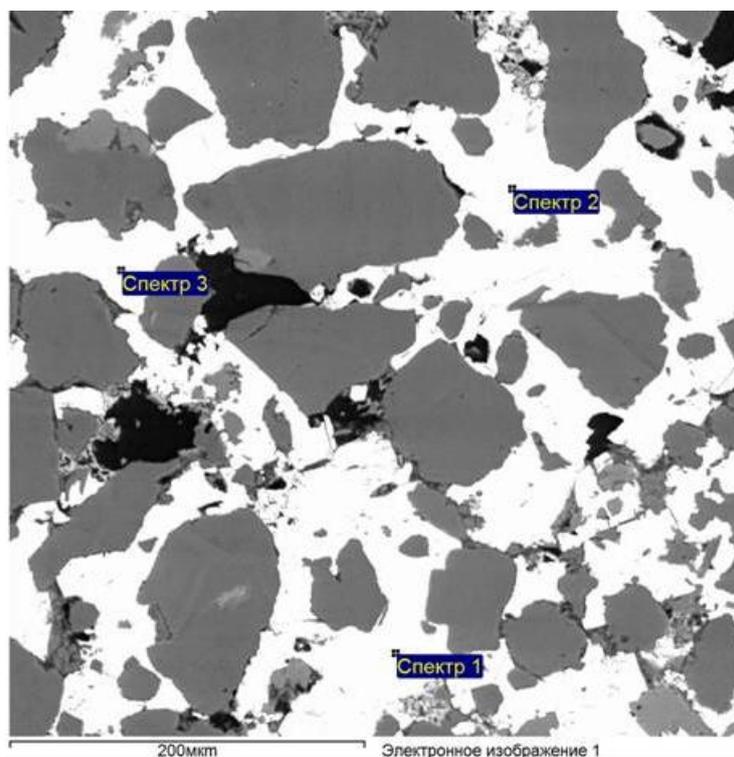
Рис. 2. Габитус зерен циркона (Цр) в песчанике. Кв-кварц, Цм-железистый цемент. Николи: а) - II, б) - X.

Зерна кварца интенсивно корродированны, видимый размер колеблется в пределах от 0,01 мм до 0,3 мм. Отдельные зерна регенерированы, ширина регенерационной каемки не более 0,01 мм. Кварц мутный, иногда трещиноват, с облачным погасанием.

Полевые шпаты присутствуют в незначительном количестве, представлены калишпат-пертитом, микроклином, плагиоклазом. Зерна корродированы, видимый размер зерен от 0,05 до 0,15 мм. Они, обычно прозрачные, без продуктов замещения. Нерешетчатый калишпат имеет при одном николе буроватый оттенок из-за пелитизации.

Обломки пород представлены кварцитами и силицитолитами. Зерна также корродированы, видимый размер зерен от 0,03 до 0,20 мм. Обломки кварцитов отличаются равномерно-зернистой, гранобластовой микроструктурой. Обломки силицитоцитов кварцевого состава отличаются наличием микрозернистой структуры.

Рис. 3 (фрагмент 2).



**Таблица 1**

Спектр 1

Элемент	Усл. Конт. Коэф.	Интенсивность Попр.	Весовой %	Весовой % Сигма	Атомный %	Со-ед. %	Формула	Число Ионов
Si K	0.22	0.8355	0.13	0.02	0.11	0.2	SiO <sub>2</sub>	0.01
S K	2.64	0.9623	27.34	0.08	19.83	68.	SO <sub>3</sub>	2.27
Fe K	1.24	0.8532	24.15	0.10	10.06	31.	FeO	1.15
As L	52	0.8688	0.30	0.05	0.09	0.3	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01
O			48.08	0.10	69.91			8.00
Итого			100.0				Сумма катионов	3.44

Спектр 2

Элемент	Усл. Конт. Коэф.	Интенсивность Попр.	Весовой %	Весовой % Сигма	Атомный %	Со-ед. %	Формула	Число Ионов
Si K	0.22	0.8359	0.12	0.02	0.10	0.2	SiO <sub>2</sub>	0.01
S K	4.90	0.9627	27.34	0.08	19.83	68.	SO <sub>3</sub>	2.27
Fe K	3.11	0.8532	24.23	0.10	10.09	31.	FeO	1.15
As L	41	0.8680	0.23	0.04	0.07	0.3	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01
O			48.08	0.10	69.90			8.00
Итого			100.0				Сумма катионов	3.44

Спектр 3

Элемент	У	Интенсивн	Весов	Весов	Атомн	Со	Формула	Ч
---------	---	-----------	-------	-------	-------	----	---------	---

МЕНТ	сл. К	ость Попр.	ой %	ой % Сигма	ый%	ед.%		исло И
	онц.							онов
Si K	0.	0.8367	0.08	0.02	0.07	0.1	SiO2	0.
S K	14	0.9634	27.45	0.08	19.89	68.	SO3	01
Fe K	4.16	0.8530	24.14	0.10	10.05	31.	FeO	28
As L	2.17	0.8684	0.18	0.04	0.06	06	As2O3	15
O	33		48.15	0.10	69.94	4		01
Ито			100.0					8.
ги			0				Сумма катионов	00
								3.
								44

Рис. 4 (фрагмент 2).

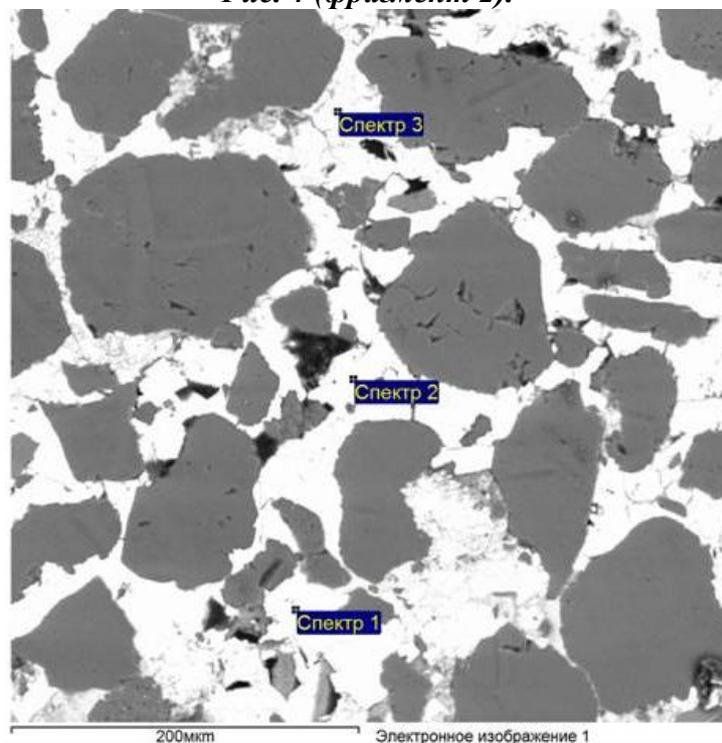


Таблица 2

Спектр 1

Эле мент	У сл. К	Интенсивн ость Попр.	Весов ой %	Весов ой % Сигма	Атомн ый%	Со ед.%	Формула	Ч исло И
	онц.							онов
Si K	0.	0.8370	0.12	0.02	0.10	0.2	SiO2	0.
S K	20	0.9635	27.32	0.08	19.82	5	SO3	01
Fe K	3.70	0.8532	24.36	0.10	10.15	21	FeO	27
Co	2.41	0.8373	0.16	0.06	0.06	34	CoO	16
К	27	0.6365	0.00	0.00	0.00	0		01
Br L	00		0.00	0.00	0.00	0		00
O			48.05	0.10	69.87			8.
Ито			100.0					00
ги			0				Сумма	3.

										катионов	45
Спектр 2											
Элемент	Усл. Конт.	Интенсивность Попр.	Весовой %	Весовой % Сигма	Атомный %	Со-ед. %	Формула	Число Ионов			
Si K	0.18	0.8330	0.12	0.02	0.10	0.2	SiO <sub>2</sub>	0.01			
S K	4.532	0.9602	27.22	0.09	19.81	67.	SO <sub>3</sub>	2.27			
Fe K	3.568	0.8539	24.10	0.11	10.07	31.	FeO	1.15			
Co K	0.29	0.8380	0.20	0.06	0.08	0.2	CoO	0.01			
Br L	0.55	0.6386	0.50	0.05	0.15	0.0		0.02			
O			47.85	0.11	69.79			7.98			
Итого			100.0				Сумма катионов	3.44			
ги			0								
Спектр 3											
Элемент	Усл. Конт.	Интенсивность Попр.	Весовой %	Весовой % Сигма	Атомный %	Со-ед. %	Формула	Число Ионов			
Si K	0.43	0.7684	0.42	0.03	0.39	0.9	SiO <sub>2</sub>	0.05			
S K	2.219	0.9288	18.04	0.09	14.81	45.	SO <sub>3</sub>	1.82			
Fe K	4.877	0.8835	41.69	0.14	19.64	53.	FeO	2.42			
Co K	0.38	0.8668	0.33	0.09	0.15	0.4	CoO	0.02			
Br L	0.00	0.5695	0.00	0.00	0.00	0.0		0.00			
O			39.52	0.14	65.01			8.00			
Итого			100.0				Сумма катионов	4.31			
ги			0								

*В незначительном количестве присутствует мусковит. Единичные удлиненные чешуйки минерала выделяются яркими цветами интерференциями, погасание прямое.*

*В заметном количестве присутствует циркон (рис. 2), реже встречаются рутил и эпидот. Следует отметить, что акцессорные минералы распределены неравномерно и приурочены к нескольким алевро-псаммитовым прослоям. Зерна хорошо окатаны, выделяются как удлиненные зерна, так и округлые. Размер зерен до 0,1 мм.*

*Цемент поровый, открытого типа, коррозионный, железистый. По данным микронзондового анализа (рис. 3, 4; табл. 1, 2) минерал цемента соответствует мелантериту, который «в большом количестве накапливается при окислении сульфидных месторождений в условиях вечной мерзлоты» (Штрюбель, Циммер, 1987).*

*Заведующий Кафедрой петрографии Геолого-Географического факультета ТГУ доктор геолого-минералогических наук Чернышов А.И.*

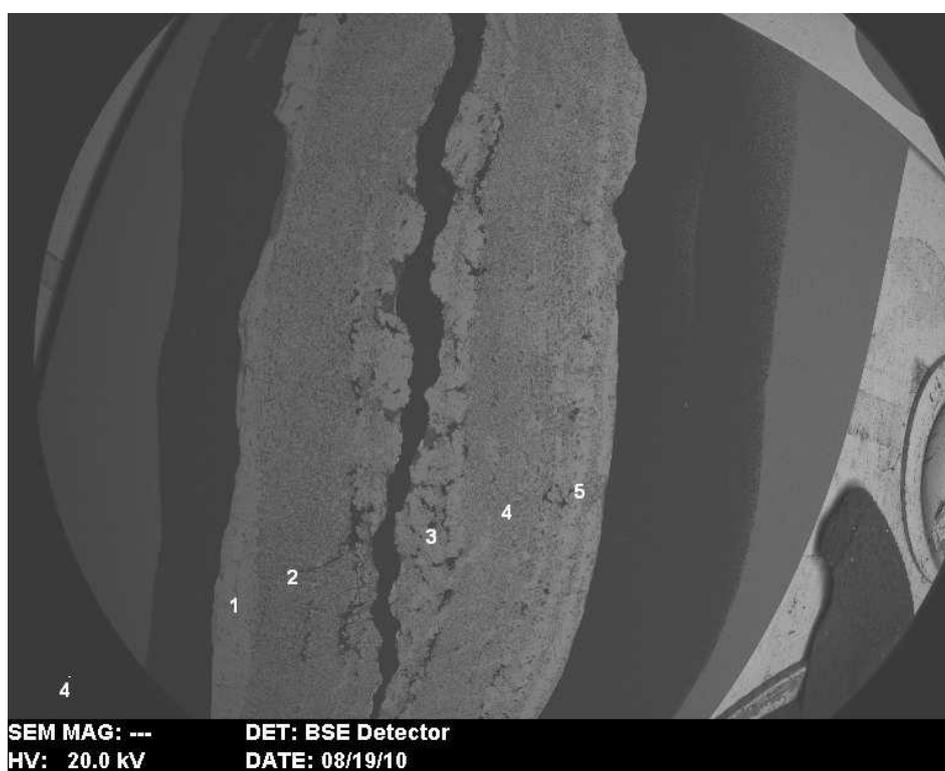
**Приложение 4.** Результаты микрозондового анализа железистого включения в кембрийском песчанике (образец №4).

По составу образец состоит из тонкозернистого полевошпатов кварцевого песчаника с пиритом. Образец представлен желвакообразным выделением, сверху покрытым пленками гидроокислов железа и имеет ярко выраженную зональность. Зона 1 состоит из более массивных выделений пирита. Зона 2 мелкокристаллические выделения пирита и кварца, полевого шпата, монацита, рутила. Зона 3 состоит из более крупных зерен пирита с мелкими зернами кварца. Зона 4 идентична зоне 2. Зона 5 массивные выделения пирита с мелкими зернами кварца.

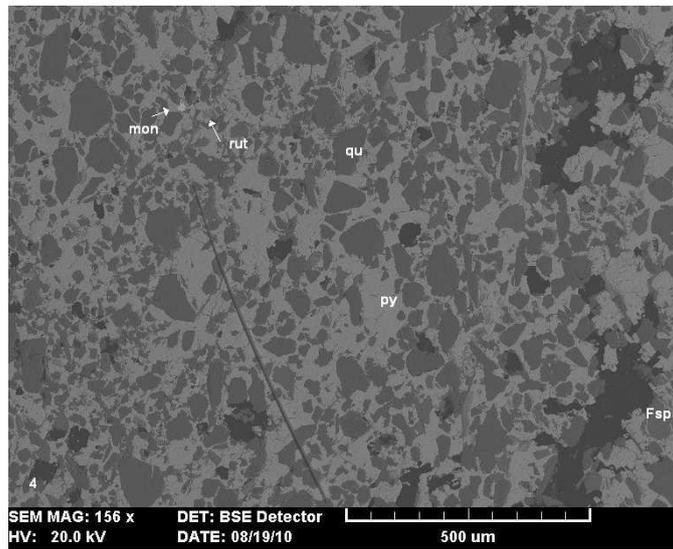
Прилагаются результаты микрозондового анализа и фотографии шлифов.

20 августа 2010 г.

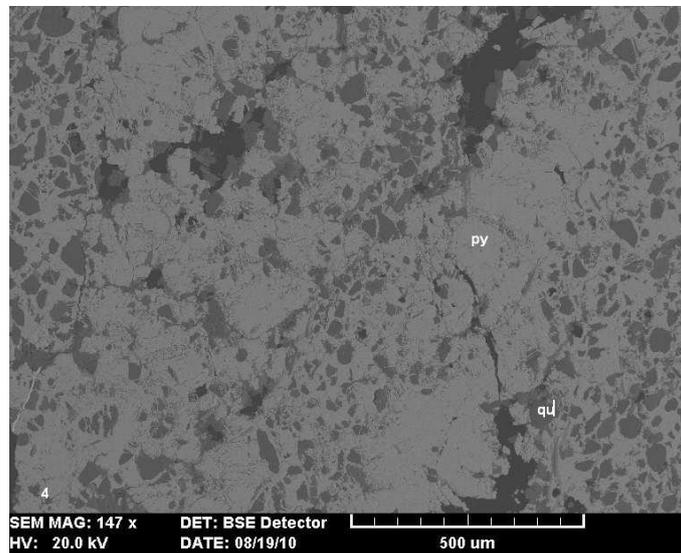
Вед. Инженер ЦЛ ВСЕГЕИ Е.Л. Грузова



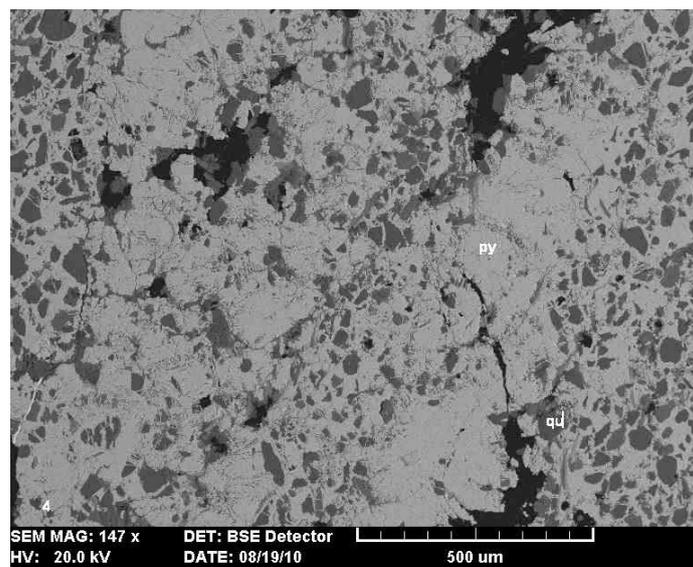
Общий вид



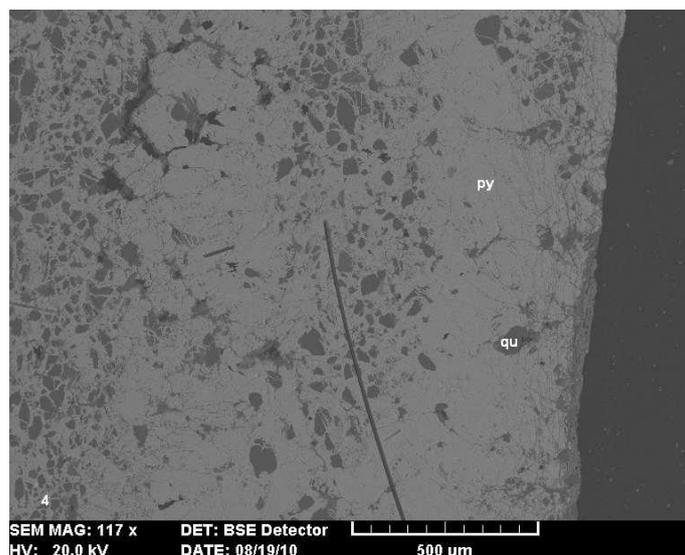
Зона 2



Зона 3



Зона 4



Зона 5

**Зона 1**

**1 пирит**

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
S K	ED	53.11	66.37
Fe K	ED	46.89	33.63
Total		100.00	100.00

**Зона 2 - зерна кварца в основном в пиритовой цементирующей массе**

**2 анатаз или рутил**

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %	Compound %	Nos. of ions
Ti K	ED	58.77	32.84	TiO2	98.03
Fe K	ED	1.53	0.74	FeO	1.97
O		39.70	66.42		1.98
Total		100.00	100.00	100.00	
				Anion sum	1.98

**3 монацит**

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %	Compound %	Nos. of ions
P K	ED	11.67	15.63	P2O5	26.74
La L	ED	15.55	4.64	La2O3	18.24
Ce L	ED	31.28	9.26	Ce2O3	36.64
Nd L	ED	11.16	3.21	Nd2O3	13.01
Th M	ED	4.71	0.84	ThO2	5.36
O		25.62	66.42		0.05
Total		100.00	100.00	100.00	3.96
				Anion sum	3.96

**4 калиевый полевоый шпат (его меньше, чем кварца)**

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %	Compound %	Nos. of ions
Na K	ED	0.24*	0.22*	Na2O	0.32*
Al K	ED	10.31	8.19	Al2O3	19.48
Si K	ED	29.54	22.55	SiO2	63.19
K K	ED	13.43	7.36	K2O	16.18
Fe K	ED	0.65	0.25	FeO	0.84
O		45.84	61.43		8.00
Total		100.00	100.00	100.00	
				Cation sum	5.02

Зона 3 - крупные выделения пирита, между которыми зерна кварца

Зона 4 - идентична зоне 2

Зона 5 - массивные выделения пирита с мелким кварцем

## Приложение 5. Результаты рентгенофазового анализа участка шлифа № 13

Министерство природных ресурсов  
и экологии Российской Федерации



Ministry of natural resources  
and ecology of Russian Federation

**ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ИМЕНИ А. П. КАРПИНСКОГО (ВСЕГЕИ)**

A. P. KARPINSKY ALL RUSSIA GEOLOGICAL RESEARCH INSTITUTE (VSEGEI)

Центральная аналитическая лаборатория ВСЕГЕИ (ЦЛ)

Член международной ассоциации геоаналитиков (IAG)

Аттестат аккредитации Госстандарта России N POCC RU.0001.510.415

Действителен до 01 сентября 2015 года

199106 Санкт-Петербург, Средний проспект, 74  
Телефон: (812) 328-92-34  
Факс: (812) 328-92-34  
Эл. почта: louri\_Borin@vsegei.ru

74 Sredny Pr., St.-Petersburg 199106, Russia  
Phone: (812) 328-92-34  
Fax phone: (812) 328-92-34  
E-mail: louri\_Borin@vsegei.ru

### Результаты рентгенофазового анализа участка шлифа №13

Для проведения рентгено-фазового исследования в лабораторию минералогических методов анализа (ЛИММА) был передан шлиф №13 с целью выяснения фазового состава одного из его участков, который был трудно-определим, при петрографическом и электронно-микроскопическом исследовании. Для этого из шлифа был вырезан данный участок и, как порошковый препарат, исследован на рентгеновском дифрактометре.

Исследование препарата проводилось на рентгеновском дифрактометре ДРОН-6, оснащенный рентгеновской трубкой с кобальтовым анодом и графитовым монохроматором с длиной волны  $\lambda = 1,79021 \text{ \AA}$ , при напряжении  $U = 35 \text{ Kv}$  и силе тока  $I = 25 \text{ mA}$ .

Обработка дифрактограммы велась с помощью программного пакета PDWin-4 и международной картотеки JCPDS.

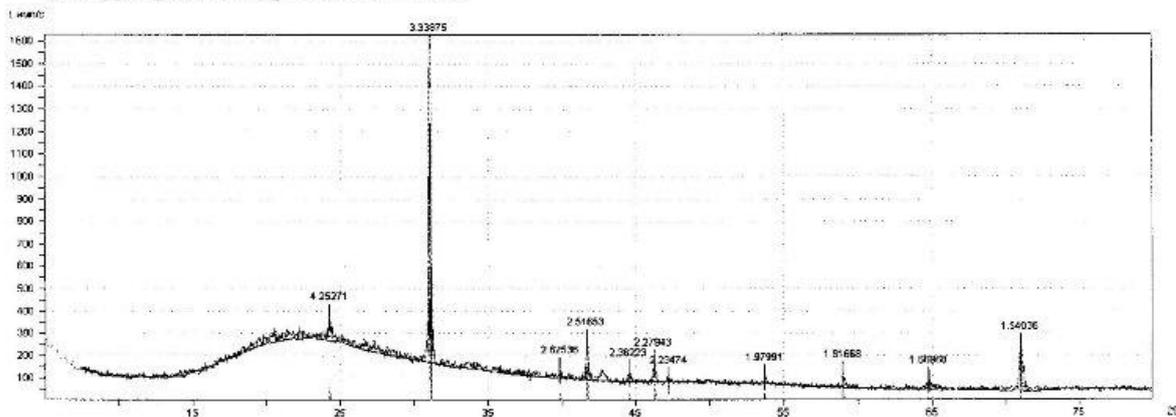


Рис.1 Дифрактограмма проблемного участка шлифа №13

Проведенный анализ дифрактограммы Рис.1 показал, что основная фаза представлена кварцем  $\text{SiO}_2$  (№33-1161), в качестве примеси выявлено присутствие муассанита  $\text{SiC}$  (№29-1128).

29.04.2013

Зав ЛИММА

/ Сапера В.Ф./

Качественный анализ

Результаты анализа

Образец - f:\Юрковец\Шл-13.smp

Картотека - C:\Program Files\Bourestnik\PDWin\PDWin.mdb

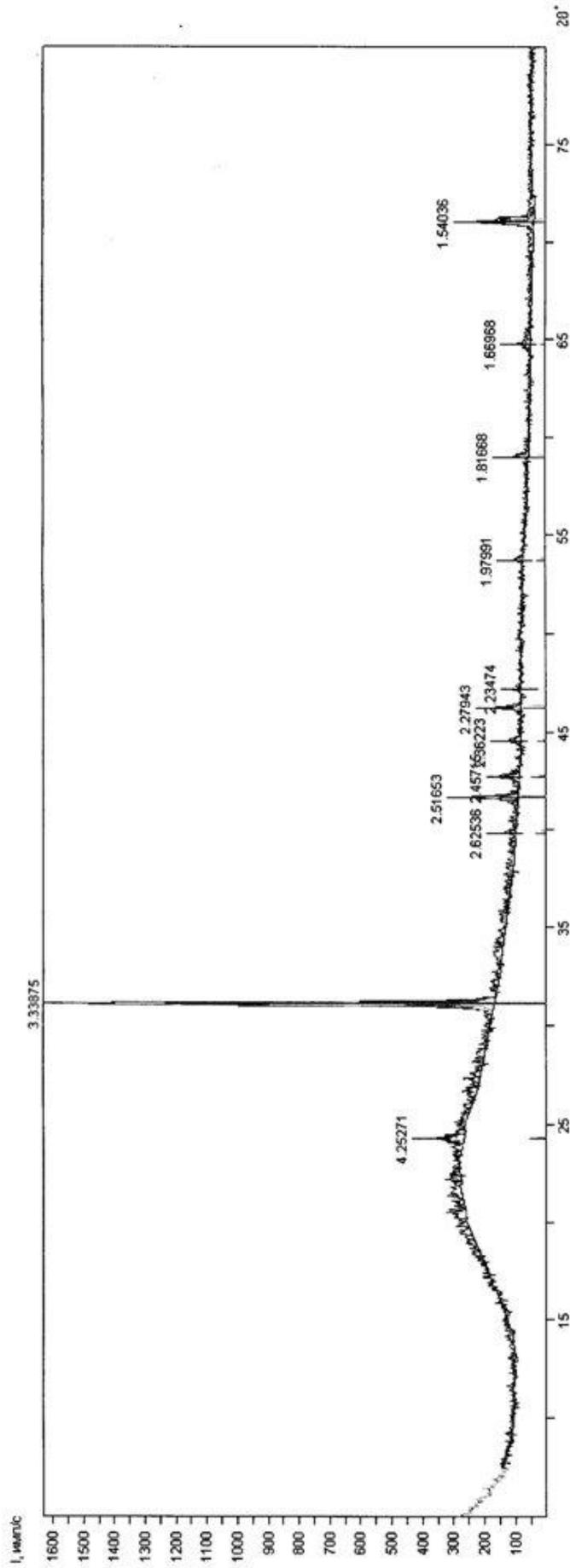
Окно поиска  $\Delta 2\Theta = 0.25$

Число линий для поиска = 3 (из 5)

Подходящих карточек (после поиска) - 83

Параметры сравнения:  $g = 0.7$  ,  $T = 0.5$

Образец	Эталоны	
	29-1128	33-1161
4.252717		4.257
3.33875		3.342
2.625357	2.628	
2.516529	2.516	
2.459153		2.457
2.362223	2.357	
2.279433		2.282
2.234736		2.237
1.979905		1.9792
1.816682		1.8179
1.669682		1.6719
1.540358	1.5407	1.5418
	2.179	2.127
	1.9993	1.8021
	1.6771	1.6591
		1.6082



**Рис.1 Дифрактограмма проблемного участка шлифа №13**

Проведенный анализ дифрактограммы Рис.1 показал, что основная фаза представлена кварцем  $\text{SiO}_2$  (№33-1161), в качестве примеси выявлено присутствие муассанита  $\text{SiC}$  (№29-1128).

**29.04.2013**

Зав ЛММА \_\_\_\_\_ / Сапега В.Ф.

## Литература:

**Бадюков Д.Д.**, 2005. Метеоритные кратеры на территории России. Сайт ГЕОХИ РАН, [http://www.meteorites.ru/menu/encyclopaedia/ruscraters\\_full.html](http://www.meteorites.ru/menu/encyclopaedia/ruscraters_full.html).

**Вишняцкий Л.Б.**, 2006. Культурная динамика в середине позднего плейстоцена и переход к верхнему палеолиту. Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора исторических наук. Санкт-Петербург. С. 359.

**Газеев В.М., Губанов А.Г., Лексин А.Б., Докучаев А.Я., Исаков С.И.**, 2011. Плиоцен-четвертичные пеплы на территории Южного Федерального округа (проблемы, парадоксы, идеи)// Вестник Владикавказского научного центра, 2(3):39-47.

**Геология СССР. Том 6.** Брянская, Орловская, Курская и Тамбовская области. Часть 1. Геологическое описание. Редакторы Дубянский А.А. и Хакман С.А. М.: Государственное издательство геологической литературы, 1949.

**Государственная геологическая карта Российской Федерации.** Масштаб 1:1 000 000 (новая серия). Лист Р-(35)-37 - Петрозаводск. Объяснительная записка. СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2000. 322 с. + 1 вкл.

**Гросвальд М.Г.**, 2009. Оледенение Русского севера и Северо-Востока в эпоху последнего великого похолодания. «Наука», Москва.

**Институт озерадения РАН, ответственный редактор Румянцев В.А.**, 2002. Атлас «Ладожское озеро». Санкт-Петербург.

**Казак А.П., Копылова Н.Н., Толмачёва Е.В., К.Э. Якобсон К.Э.**, 2008. Флюидно-эксплозивные образования в осадочных комплексах. ГГУП «Минерал». 42.

**Карта четвертичных отложений Европейской части СССР и прилегающих территорий.** Лист 11. Масштаб 1:1 500 000. Редактор Краснов И.И. ВСЕГЕИ, 1971.

**Лазуков Г.И., Гвоздовер М.Д., Рогинский Я.Я.**, 1981. Природа и древний человек. М: Издательство "Мысль". 169.

**Мелекесцев И.В., Гурбанов А.Г., Кирьянов В.Ю., Черных В.И., Сулержицкий Л.Д., Зарецкая Н.Е.** 2002. Вулканические пеплы эксплозивных извержений позднего плейстоцена на территории Восточной и Южной Европы. Катастрофические процессы и их влияние на природную среду. Изд. «Региональная общественная организация ученых по проблемам прикладной геофизики». Москва. 65–86.

**Свириденко Л.П., Светов А.П.**, 2008. Валаамский силл габбро-долеритов и геодинамика котловины Ладожского озера. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 123 с. ISBN 9785-3274-0335-6.

**Физико-географический атлас мира.** Четвертичные отложения СССР. ВСЕГЕИ, 1964.

**Юрковец В.П.**, 2011а. Климатические корреляции//Вестник Российской Академии ДНК-генеалогии (ISSN 1942-7484). Raleigh, N.C., Lulu. 2011. Т. 4, № 1. С. 66-80.

**Юрковец В.П.**, 2011b. Ладожская астроблема// Вестник Российской академии ДНК-генеалогии. (ISSN 1942-7484). Raleigh, N.C., Lulu. 2011. Т.4. № 10. С. 1997-2018. Т.4 №12. С. 2263-2281.

**Юрковец В.П.**, 2012. Ладожская импактно-вулканическая структура//Вестник Российской академии ДНК-генеалогии. (ISSN 1942-7484). Raleigh, N.C., Lulu. 2012. Т.5 №8. С. 1059-1085.

**Anikovich M.V., M. V. Anikovich, A. A. Sinitsyn, John F. Hoffecker, \* Vance T. Holliday, V. V. Popov, S. N. Lisitsyn, Steven L. Forman, G. M. Levkovskaya, G. A. Pospelova, I. E. Kuz'mina, N. D. Burova, Paul Goldberg, Richard I. Macphail, Biagio Giaccio, N. D. Praslov.**, 2007. Early Upper Paleolithic in Eastern Europe and Implications for the Dispersal of Modern Humans. Science 315, 223.

**Trepmann, C. A., Spray, J. G.**, 2004. Post-Shock Crystal-Plastic processes in quartz from crystalline target rocks of the Charlevoix Impact Structure, Lunar and Planetary Science XXXV.